

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

TRABAJO FIN DE GRADO



***EVALUACIÓN DE USABILIDAD DE UN  
SISTEMA DE RECONOCIMIENTO  
BIOMÉTRICO MULTIMODAL ACCESIBLE***

*GRADO EN INGENIERIA DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN*

Autor: Cristina Coloma Fernández

Tutor: Raúl Sánchez Reíllo

Director: Ramón Blanco Gonzalo

Leganés, 22 de Junio de 2014

*Dedicado a todas aquellas personas mayores que tienen problemas de usabilidad en dispositivos digitales. En especial a José Fernández Alonso y María Luz García Guantes, mis abuelos.*

## Agradecimientos

En primer lugar, agradecer al tutor del Trabajo Fin de Grado Raúl Sánchez Reillo y al director Ramón Blanco-Gonzalo por darme la oportunidad de realizar este TFG y por la ayuda prestada.

También quería agradecer a todas las personas del GUTI que han hecho posible la realización del TFG; en especial a Daniel Sierra-Ramos, Roberto Estrada Casarrubios y Judith Liu-Jimenez por el tiempo y esfuerzo dedicados.

Agradecer a Rosario González García por su apoyo al permitir la realización del reclutamiento en los centros municipales de mayores y por su sensibilización con este colectivo al que va dirigido este TFG.

Así mismo, agradecer a los 35 usuarios de los distintos centros del Distrito de Moncloa-Aravaca su participación, sin esta ayuda no habría sido posible la realización del TFG.



## Resumen

El avance de las tecnologías de la información supone un uso cada vez mayor de los sistemas de reconocimiento biométrico, tales como la firma manuscrita o la huella dactilar para tareas cotidianas.

Ambas modalidades biométricas aportan mayor comodidad, reducen el tiempo necesario para llevar a cabo una actividad y disminuyen el esfuerzo requerido para ello; para la mayoría de la sociedad supone una ventaja a la hora de realizar ciertos trámites, sin embargo, al colectivo de tercera edad le supone una barrera en muchos casos ya que es un entorno desconocido para ellos en la mayoría de los casos

El objetivo de este estudio es analizar el comportamiento de este colectivo al someterse a la verificación tanto de la firma manuscrita como de la huella dactilar, para ello se han realizado análisis de usabilidad y accesibilidad, así como de la evolución del rendimiento de los algoritmos biométricos.

## Executive Summary

We are currently experiencing a revolution of information in which new technologies have great impact. These changes make it necessary to acquire knowledge continuously. Technology has an important role in many areas and it has helped to progress in different fields out of technology like medicine for example. Therefore, the society must adapt to these changes.

This revolution involves a great advantage for many companies even increasing the easiness of the final products in many cases. However, for some people instead of being an advantage that is a disadvantage. This is because the advancement of technology is faster than the learning. This phenomenon is called "digital divide". Every day there are more areas in which new technologies are used and this is a problem for that people who did not integrate the technology into their daily lives.

This project has been done to gather information about the usability and accessibility of certain biometric systems. This work covers a gap in the state of the art because there are only a few studies on this with this sector of the population. For this experiment we have selected a total of 28 elder people with different gender, different level of education, different knowledge of the technology and different jobs.

We used two different biometric modalities: handwritten signature and fingerprint. The main difference between these two is that the handwritten signature is a behavioural modality and fingerprint is physiological. The fingerprint identification is safer because it is a personal, unique and transferable property; but its use is less widespread than the handwritten signature.

To perform the analysis first an application meeting special requirements (e.g. easy and intuitive) was designed. Then, the evaluation process consists of 3 parts that have been split on two visits to each user. The first two parts are covered in the first session: the recruitment and data collection process. In the second visit the data collection process is repeated. The two visits are separated in time between 2 and 5 days for users non-familiarized with technologies and between 10 and 15 days for those who do know them.

In the personal data recruiting process users were requested for their age, name, gender, accessibility issues, laterality and previous jobs. Three accessibility variables were also selected by users at the recruiting process: the screen brightness, volume and colour of the app theme. The second process is the training test of both biometric modalities. Then, users proceed with the enrolment phase of their biometric traits: fingerprints of the index and ring fingers of both hands and a handwritten signature are stored in the database. Then, the app guides the user through two steps more: a simulated purchase using NFC (where the user authenticates himself with the fingerprint or the signature) and a multiple fingerprints and signatures collection in order to build a database.

The purchase process is made bringing the mobile device to the NFC card, selecting the mode in which you want to verify the purchase, identifying with this mode (there are 3 attempts) and bring the device back to the NFC card to confirm your purchase. The second part (the process of data collection) is done by first capturing fingerprints and secondly capturing handwritten signatures. For each registered finger five samples are acquired, with 3 attempts for obtaining a correct fingerprint in each catch. For the handwritten signature 10 samples are captured with 3 trials for each of them.

The third part takes place on the second visit and the process is the same as in the second part. This is useful to evaluate learning and efficiency.

The captured data is confidential so it must be protected. Before starting the experiment the user is asked to sign a paper that meets the National Data Protection Law. After the second visit users fill out a satisfaction form anonymously to carry on later usability analyses of the data.

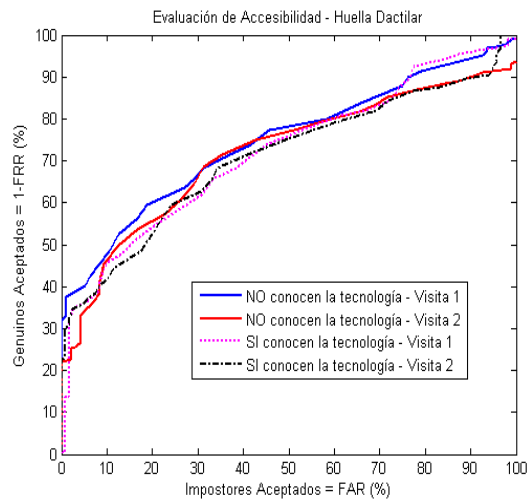
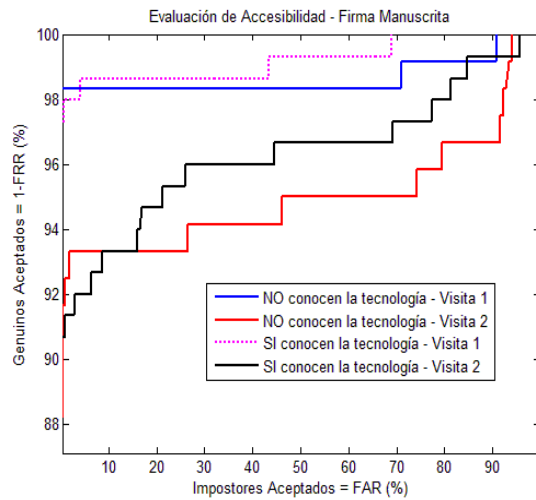
With the gathered data an analysis of usability, accessibility and performance has been done. For the analysis of usability three variables have been taken into account: effectiveness, efficiency and satisfaction.

The number of users who have completed the process correctly (effectiveness) is 74%. Regarding the purchases, 95.95% of them have been completed successfully. Efficiency is the time spent in a task: 91% of users have reduced the time on the second visit compared to the first. Users evaluated the system globally satisfactory and 100% of them would use similar identification systems in the future. Regarding the accessibility parameters, 96.43% of the users have chosen medium volume and the rest high volume; 50% of them have selected medium brightness, 46% high brightness and the rest low brightness; regarding the colour, 46.42% of the users have selected white colour, 39.28% black and the rest blue.

The performance analysis has been done using two algorithms (for fingerprint and signature recognition). They were used during the evaluation and after it in order to process the data. For the performance calculation, the users have been divided into two groups: those that have previous knowledge about technologies and those that haven't.

The performance during the evaluation in terms of genuine rates was 7.36% for users who have familiarity with the technology and 6.65% for users who have not previous experiences with the technology. The fingerprint error rates that are much higher, are very close in both groups and for both visits (33.7% for users familiarized with the technologies and 31.41% for users that are unfamiliar).

For the posterior performance processing three types of common error rates (FAR, FRR, EER) were used. The FRR is the result of comparing samples from the same user (genuine results), the FAR is the result of comparing samples from one user with samples another users randomly (zero effort impostor users). The EER is the rate at which both acceptance (FAR) and rejection (FRR) errors are equal. The final results are given with the ROCs below (left-Handwritten signature / right - Fingerprint).



The main conclusion is that identification via fingerprint is not suitable for older people because the error rates are very high, so in the future, other biometric identification methods such as iris detection should be investigate.





# Índice

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>II</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTADO DE ACRÓNIMOS.....</b>	<b>IX</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS .....	2
1.2 ENTORNO SOCIO-ECONÓMICO Y MARCO REGULADOR .....	3
1.3 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO .....	3
<b>2 ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>4</b>
2.1 RECONOCIMIENTO BIOMÉTRICO .....	4
2.1.1 <i>Historia</i> .....	4
2.1.2 <i>Sistema Biométrico General</i> .....	5
2.2 TECNOLOGÍAS MÓVILES .....	6
2.2.1 <i>NFC (Near Field Communication)</i> .....	6
2.3 ACCESIBILIDAD Y USABILIDAD.....	7
<b>3 PLATAFORMA DE DESARROLLO .....</b>	<b>8</b>
3.1 ALGORITMOS.....	8
<b>4 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN .....</b>	<b>9</b>
4.1 BASES DE LA EVALUACIÓN .....	9
4.1.1 <i>Escenario y entorno</i> .....	9
4.1.2 <i>Usuarios</i> .....	11
4.1.3 <i>Fases de la evaluación</i> .....	11
4.1.4 <i>Dispositivos</i> .....	12
4.1.5 <i>Diseño de interfaces</i> .....	14
4.1.6 <i>Interfaces de la evaluación</i> .....	14
4.2 DATOS .....	16
<b>5 DESARROLLO .....</b>	<b>17</b>
5.1 PROCESO .....	17
5.2 GUÍA EN LA EVALUACIÓN.....	22
5.3 PROBLEMAS .....	22
<b>6 PRUEBAS .....</b>	<b>23</b>
6.1 EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD Y ACCESIBILIDAD .....	23
6.1.1 <i>Usabilidad</i> .....	23
6.1.2 <i>Accesibilidad</i> .....	26
6.2 RENDIMIENTO DE LOS ALGORITMOS .....	26
6.2.1 <i>Uso de los algoritmos de verificación durante la evaluación</i> .....	26
6.2.2 <i>Uso de los algoritmos al final de la evaluación</i> .....	27



---

<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS .....</b>	<b>27</b>
7.1	RENDIMIENTO .....	29
7.2	USABILIDAD .....	29
7.3	LÍNEAS FUTURAS .....	29
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>30</b>
	<b>ANEXO A: PLANIFICACIÓN Y PRESUPUESTO .....</b>	<b>33</b>
A.1	PLANIFICACIÓN .....	33
A.2	PRESUPUESTO DEL TRABAJO FIN DE GRADO .....	36
A.2.1	<i>Costes materiales</i> .....	36
A.2.2	<i>Costes de personal</i> .....	36
A.2.3	<i>Costes totales</i> .....	37
	<b>ANEXO B: ESCRITOS DE SOLICITUD DE TOMA DE DATOS.....</b>	<b>38</b>
	<b>ANEXO C: DOCUMENTOS DE LOS USUARIOS.....</b>	<b>40</b>
C.1	PROTECCIÓN DE DATOS .....	40
C.2	SATISFACCIÓN .....	42

## Índice de Figuras

FIGURA 1 MODELO BIOMÉTRICO GENERAL [17] .....	5
FIGURA 2 MODELO HBSI [29] .....	7
FIGURA 3 IMAGEN DEL ESCENARIO EN UNA SESIÓN. ....	10
FIGURA 4 ORDENADOR UTILIZADO .....	12
FIGURA 5 DISPOSITIVO MÓVIL UTILIZADO .....	12
FIGURA 6 SENSOR DE HUELLA UTILIZADO .....	13
FIGURA 7 CÁMARA UTILIZADA.....	13
FIGURA 8 TARJETA UTILIZADA .....	13
FIGURA 9 AJUSTE DE BRILLO .....	14
FIGURA 10 AJUSTE VOLUMEN .....	15
FIGURA 11 AJUSTE COLOR.....	15
FIGURA 12 DATOS DE LOS USUARIOS. ....	16
FIGURA 13 VIDA LABORAL.....	17
FIGURA 14 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LAS VISITAS.....	18
FIGURA 15 DIAGRAMA DE FLUJO ENTRENAMIENTO Y RECLUTAMIENTO .....	19
FIGURA 16 DIAGRAMA DE FLUJO CAPTURA DE MUESTRAS .....	20
FIGURA 17 DIAGRAMA DE FLUJO COMPRA.....	21
FIGURA 18 EFICIENCIA.....	23
FIGURA 19 RESULTADOS FINALES EFICIENCIA.....	24
FIGURA 20 RESULTADOS FINALES SATISFACCIÓN .....	25
FIGURA 21 PARÁMETROS DE ACCESIBILIDAD .....	26
FIGURA 22 ERRORES DURANTE LA EVALUACIÓN .....	27
FIGURA 23 FRR, FAR, EER .....	27
FIGURA 24 EER EN % TRAS LA EVALUACIÓN .....	28
FIGURA 25 DIAGRAMA DE GANTT.....	35

## Índice de Tablas

TABLA 1- EFECTIVIDAD COMPRA.....	24
TABLA 2 - DESGLOSE DE TAREAS .....	34
TABLA 3 – COSTES MATERIALES .....	36
TABLA 4 – COSTES DE PERSONAL.....	36
TABLA 5 – COSTES TOTALES .....	37



## Listado de Acrónimos

<b>TFG</b>	Trabajo Fin de Grado
<b>NFC</b>	Near Field Communication
<b>NIST</b>	National Institute of Standards and Technology
<b>HCI</b>	Human Computer Interaction
<b>HBSI</b>	Human-Biometric Sensor Interaction
<b>FAR</b>	False Acceptance Rate
<b>FRR</b>	False Rejection Rate
<b>EER</b>	Equal Error Rate
<b>DTW</b>	Dynamic Time Warping

## 1 Introducción

El uso de dispositivos móviles es cada vez mayor en la sociedad, no sólo para las comunicaciones sino también para el entretenimiento, trámites legales, trabajo o relaciones personales. Los distintos usos que tienen estos dispositivos en la actualidad conllevan una necesidad de protección de datos ya que cada vez son más los datos confidenciales almacenados (acceso a cuentas bancarias a través de Internet por ejemplo).

Según el Handbook of biometrics [1] *“La biometría es la ciencia del reconocimiento de la identidad de una persona basándose en las características físicas y atributos de la conducta del individuo como la cara, las huellas dactilares, la voz o el iris”*, por ello con ayuda de características biométricas se puede aumentar la seguridad en el uso de dispositivos móviles. La biometría se emplea en muchos procesos debido a dos características fundamentales: la seguridad y la comodidad; esta técnica existe desde hace muchos años pero ha sido en los últimos años cuando ha experimentado más avances gracias al desarrollo de las TIC consiguiendo así una mayor difusión. Dos de las tecnologías biométricas más usadas son la firma manuscrita (analiza un rasgo humano de comportamiento) y huella dactilar (analiza un rasgo humano fisiológico); [2]. La firma manuscrita es utilizada en numerosas operaciones gubernamentales, legales y comerciales; para los usuarios la firma es una acción cotidiana y normal que repiten en muchas ocasiones de manera mecánica pero el tiempo, la presión ejercida, la imagen o la inclinación del “stylus” son rasgos que identifican de manera unívoca a cada usuario. La huella dactilar ha sido utilizada por la policía, pero actualmente se está implantando su uso en más actividades, por ejemplo para acceder a ciertas instalaciones o incluso para desbloquear la pantalla de un Smartphone (iPhone 5S [3] por ejemplo). Esto se debe a que las huellas son únicas e inalterables, hay ciertos aspectos que pueden hacer que la huella no pueda ser adecuada para la identificación como el envejecimiento (asociada a un desgaste de la huella) o por motivos profesionales (tener cortes en los dedos como consecuencia de un trabajo por ejemplo).

La tecnología NFC es un sistema de comunicación desarrollado principalmente para conectar varios dispositivos y realizar pagos con el móvil. A día de hoy en la mayoría de países (excepto Japón) no es una tecnología que tenga mucho uso debido a su reciente incorporación en los dispositivos de uso común, sin embargo se espera que en un futuro esté presente en la mayoría de dispositivos [4]. En el Mobile World Congress de Barcelona en 2014 [5], NFC fue uno de los términos más populares y algunos grandes fabricantes (Sony [6] o Samsung [7]) están incorporándolo a todos sus smartphones.

La usabilidad trata de analizar la experiencia del usuario al interactuar con los diferentes sistemas biométricos e intentar mejorarla. Para el análisis de la usabilidad en biometría existen

sólo unos pocos trabajos y todos parten del modelo establecido por el NIST [8] donde la usabilidad es medida en función de la eficiencia, la efectividad y la satisfacción de los usuarios.

En esta evaluación de usabilidad y accesibilidad se ha realizado un experimento con usuarios del colectivo de la tercera edad mediante el reconocimiento biométrico por firma manuscrita y huella dactilar. En dicho experimento, los usuarios realizaron compras ficticias con un dispositivo móvil y verificaron su identidad a través de la firma y la huella. Para facilitar el proceso de compra con el móvil se ha utilizado el sistema NFC.

## 1.1 Motivación y objetivos

Como ya se ha mencionado, actualmente los dispositivos móviles tienen mucha importancia en la vida cotidiana, utilizándose cada vez con más frecuencia y para fines más variados. Del mismo modo, la firma manuscrita tiene cada día más usos: es utilizada para firmar contratos, recoger un paquete en correos, realizar pagos con tarjeta, etc... Aunque la firma manuscrita es un método más conocido tradicionalmente, el reconocimiento por huella dactilar es la modalidad más extendida y más utilizada en sistemas biométricos. Uno de sus usos más comunes es para identificarse en lugares con acceso restringido (gimnasios, oficinas, residencias, etc...).

La intención de este trabajo es crear entornos similares a los que el usuario podría encontrarse en la vida diaria y analizar la usabilidad y accesibilidad; además de detectar las dificultades que puedan surgir y tratar de evitarlas. En concreto esta evaluación se centra en un sector de la población que tiene más problemas de accesibilidad y usabilidad que el resto: la tercera edad.

Hoy en día en España existe la llamada “brecha digital”. Este concepto hace referencia a las diferencias en el uso de las TIC de los distintos usuarios. En nuestro país la diferencia según la edad en su uso es muy grande: la tercera edad tiene un uso y un conocimiento escaso a cerca de las TIC y en concreto del uso de los dispositivos móviles.

El objetivo de este proyecto es estudiar la interacción de éstos usuarios con la tecnología, en especial con los sistemas biométricos, y así poder recopilar información para crear una base de datos de accesibilidad. Tras analizar estos datos se extraen conclusiones a cerca del diseño del sistema (tanto de las interfaces creadas como de la tecnología empleada). Además se analizan los problemas detectados a lo largo de la evaluación para proponer ciertas mejoras en el sistema y poder así mejorar el estado del arte.

La importancia de esta evaluación reside en el hecho de que hay muy pocos estudios con este colectivo por lo cual la información es escasa. Esta falta de información se traduce en muchos casos en diseños de sistemas que no cubren las necesidades de los usuarios y no son accesibles. Es necesario realizar esta evaluación de usabilidad para poder obtener información que permita adaptar los sistemas a las necesidades de las personas mayores y hacerlos así accesibles, ya que son un sector de la población que requiere especial atención.

## 1.2 Entorno socio-económico y marco regulador

Los datos biométricos tomados en este estudio (firma y huella) son considerados datos de carácter personal por las autoridades de protección de datos, tanto de carácter nacional como europeo. Por ello, deben cumplir los requisitos y principios establecidos en la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal [9]. Para cumplir dichos requisitos se ha redactado un escrito con información para los usuarios acerca del uso que se hará de sus datos (Anexo C.1).

El organismo que regula las normas para la fabricación, el comercio y la comunicación en todas las ramas industriales es el ISO (International Organization for Standardization). Cada norma ISO atiende distintos aspectos, en esta evaluación tienen especial importancia las normas de biometría (ISO/IEC/JTC1/SC37). En concreto la norma según la cual se ha hecho el diseño de la evaluación: ISO-19795:2008 [10] y la norma según la cual se ha hecho el diseño de interfaces: ISO-24714:2008 [11].

Como se ha mencionado con anterioridad las tecnologías avanzan continuamente, además los sistemas de biometría tienen un uso cada vez mayor en la vida cotidiana. Todas estas novedades suponen un gran avance para la sociedad aumentando la seguridad, comodidad y rapidez de muchos trámites; sin embargo, para personas con problemas de accesibilidad estos cambios se convierten en un inconveniente más que en una ventaja. Por ello es necesario adaptar los nuevos métodos, para que cubran las necesidades de toda la sociedad, incluidas aquellas personas que tienen problemas de accesibilidad. Gracias a las evaluaciones de usabilidad y accesibilidad se conocen y se solucionan estos problemas.

## 1.3 Estructura del documento

El documento se divide en 7 apartados principales los cuales se pueden agrupar en 3 secciones con contenidos diferenciados. En la primera sección se introduce la temática y la situación actual con los apartados de introducción, estado del arte y plataforma de desarrollo. La segunda sección, que está formada por los apartados de diseño y desarrollo de la solución es el cuerpo del documento. Por último, en la tercera sección se analizan los datos de las pruebas realizadas y se obtienen las conclusiones del trabajo proponiendo líneas futuras.

## 2 Estado del arte

### 2.1 Reconocimiento biométrico

#### 2.1.1 Historia

La biometría es el estudio de métodos automáticos para la identificación y autenticación unívoca de individuos basados en rasgos conductuales o fisiológicos. Los rasgos fisiológicos son estáticos ya que son características anatómicas que no varían prácticamente en cortos o largos periodos de tiempo, dependiendo de la modalidad y del individuo; los ejemplos más representativos de estos rasgos son la huella dactilar, la retina o el iris. Las características conductuales son aquellos rasgos del comportamiento que son menos estables en el tiempo, como por ejemplo la firma manuscrita o el paso. La voz se considera una mezcla de los dos tipos de características.

En occidente la biometría no comenzó a usarse hasta el siglo XIV, pero en la Antigua Babilonia y en China había indicios anteriores de su uso. En la Antigua Babilonia los reyes grababan sus huellas en la arcilla antes de cogerla y en China en el año 650 se estableció que para divorciarse el marido debía exponer 7 motivos y realizar la firma del documento con la huella, además en China los comerciantes estampaban la palma de la mano de los niños para distinguirlos[12].

Fue el jefe de departamento fotográfico e la Policía de Paris, Alphonse Bertillon, [13] quién desarrolló el Sistema antropométrico utilizado para la identificación de criminales de forma precisa; esto supuso una conversión de la biometría en una ciencia de estudio. Este sistema conocido como Bertillon fue desarrollado en 1883 e identificaba a los individuos mediante mediciones precisas de ciertas dimensiones de la cabeza y del cuerpo, registrando rasgos característicos como tatuajes o cicatrices.

El doctor Henry Faulds [14] hizo estudios sobre la huella dactilar ya que parecía única e inalterable. El método de huella dactilar fue extendido en el sistema policial occidental dejando en desuso el sistema Bertillon ya que era menos preciso y no era una manera unívoca de identificación mientras que la huella sí.

En 1936 el oftalmólogo Frank Burch [15] propuso utilizar patrones de iris como una nueva forma de identificación, pero no fue hasta 1987 cuando los doctores Leonard Flom y Arana Safir retomaron la investigación y Jhon Daugman patentó los algoritmos de identificación por iris.



En los últimos años han aumentado tanto la variedad de métodos empleados como los usos y hay numerosos sistemas biométricos que se usan tanto para identificar como para sistemas de seguridad.

Las técnicas biométricas más utilizadas en la actualidad son: huella dactilar, reconocimiento facial, análisis de iris, reconocimiento de voz, firma manuscrita, termograma de venas y ADN. Otras de las modalidades con menos uso son: huellas de la palma de la mano, geometría de la mano, dinámica de teclado y análisis de retina. Otras modalidades biométricas que están empezando a investigarse son: análisis de córnea, ritmo cardíaco, sonidos del corazón, olor corporal y paso [16].

### 2.1.2 Sistema Biométrico General

Un proceso biométrico está formado por dos procesos o módulos: reclutamiento e identificación. En el módulo de reclutamiento se adquiere la información biométrica y se almacena para posteriormente, en el módulo de identificación, poder compararla. En ambos módulos se obtiene la muestra mediante el lector biométrico de una modalidad en concreto y posteriormente se procesa para extraer las características necesarias para realizar la comparación. [Figura 1]

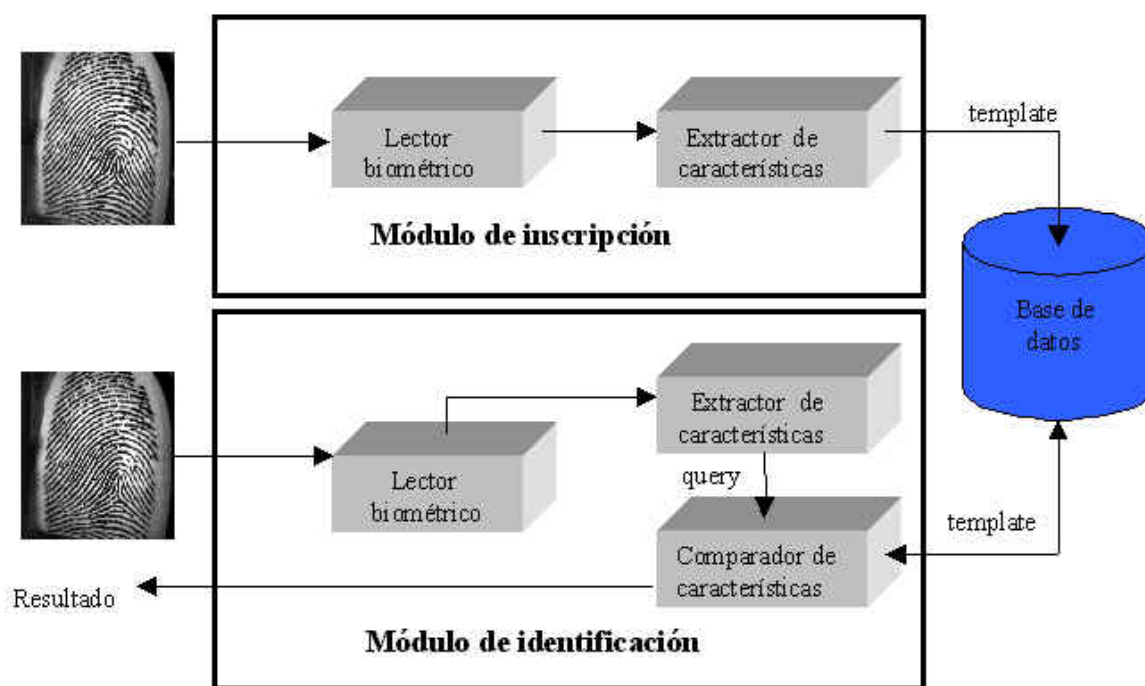


Figura 1 Modelo biométrico general [17]

En esta evaluación de usabilidad se usan las modalidades de firma manuscrita y huella dactilar.

En la modalidad de firma manuscrita existen dos categorías distintas: on-line y off-line. En la firma off-line se digitaliza únicamente la imagen de la firma por lo que las técnicas de procesado son las mismas que las de procesado digital de la imagen. Sin embargo, en la firma

on-line se tienen en cuenta datos dinámicos de la firma como pueden ser la presión o el tiempo [18]. En esta evaluación hemos tomado las coordenadas X e Y y la marca temporal de cada punto de la firma. La huella dactilar se analiza como una imagen en la cual se analizan ciertos rasgos como pueden ser la ubicación y dirección de los finales y bifurcaciones de las líneas.

## 2.2 Tecnologías móviles

Hace tan sólo una década los dispositivos móviles tenían un uso muy limitado, se empleaban exclusivamente para realizar llamadas y comunicaciones por SMS, sin embargo actualmente estos dispositivos se han convertido en multimedia con gran cantidad de aplicaciones en distintos ámbitos.

El avance de estos dispositivos ha influido en sus características: en los inicios de los móviles los primeros cambios fueron la reducción considerable de tamaño y peso y la integración de las antenas. Otro cambio destacable es el cambio de las pantallas de blanco y negro a monocromáticas para llegar a ser a color como en la actualidad. Las últimas novedades son la integración de servicios multimedia y el carácter táctil de sus pantallas. Debido al uso que se le da en la actualidad a los dispositivos móviles el tamaño de las pantallas ha vuelto a aumentar.

Los dispositivos móviles están dotados de sistemas operativos más simples que los de un ordenador y están orientados a la conectividad inalámbrica; es por ello que son diseñados específicamente para estos dispositivos. Apple fue el primer fabricante que sacó a la venta un dispositivo móvil, iPhone, con sistema operativo, iOS [19].

Actualmente en el mercado hay varios sistemas operativos importantes: Android (Google) [20] es el sistema líder ya que cuenta con un 35,3% del mercado, iOS (Apple) es un sistema único para los dispositivos de ésta marca, Symbian (Nokia) y Windows Phone (Windows) [21].

### 2.2.1 NFC (Near Field Communication).

La tecnología NFC es un sistema de comunicación inalámbrico de corto alcance cuyos objetivos principales son: conectar varios dispositivos entre sí de manera cómoda y eficaz ahorrando tiempo y esfuerzo y realizar pagos a través del móvil. Esta tecnología no está pensada para intercambiar archivos si no como una manera de identificarse o validar una conexión.

La tecnología NFC funciona con dispositivos que se encuentran a menos de 10 cm (menos en la práctica) en la banda de frecuencia de 13,56 MHz y se comunica mediante inducción de campo magnético. Tiene dos modos de funcionamiento: activo (los dos dispositivos generan campo magnético) y pasivo (un dispositivo genera campo y el otro lo aprovecha). [22]

NFC es una tecnología en desarrollo y a día de hoy son pocas las aplicaciones que lo utilizan ya que es una novedad que no está aún instaurada. Tiene más futuro que presente ya que no funciona a la perfección todavía. [23]

Uno de los problemas que surgen con las aplicaciones biométricas es la necesidad de disponer de una base de datos centralizada y segura a nivel tanto nacional como internacional. En los dispositivos móviles los datos biométricos necesarios para la identificación son almacenados en el propio dispositivo por lo que no es necesaria una base de datos centralizada.

La implantación de la seguridad biométrica en los dispositivos móviles es aún escasa. Un ejemplo novedoso es el reconocimiento por iris creado por la firma japonesa Oki que funciona en plataforma Windows Mobile y Symbian. [24].

## 2.3 Accesibilidad y Usabilidad

Según la ISO 9241:2010 Usabilidad es “*La eficacia, eficiencia y satisfacción con la que un producto permite alcanzar objetivos específicos a usuarios específicos en un contexto de uso específico*” [25]. Para que un sistema cumpla las características de usabilidad se deben tener en cuenta variables tales como el contexto de uso, las necesidades y requisitos de los usuarios la facilidad de aprendizaje y el recuerdo. Una vez realizado el análisis de estas variables se lleva a cabo el desarrollo del sistema que cumpla con las especificaciones necesarias y se evalúa el diseño para comprobar que cumple con los requisitos [26]. El diseño final del sistema no sólo debe cumplir con las funciones sino que también debe tener en cuenta cómo se desenvuelve el usuario con dicho sistema.

Las principales investigaciones sobre usabilidad son las realizadas por el NIST, por grupos de HCI [27], y el HBSI [28]. El objetivo de todos ellos es analizar y mejorar la interacción del usuario con los distintos sistemas biométricos haciéndolo más cómodo y sencillo.

El HBSI está centrado en analizar los errores que surgen por el uso incorrecto del sistema biométrico, es decir, en la interacción entre el usuario y el sistema. El modelo incluye la detección y clasificación de los errores que surgen en esta interacción, además de proponer una metodología de evaluación de la usabilidad

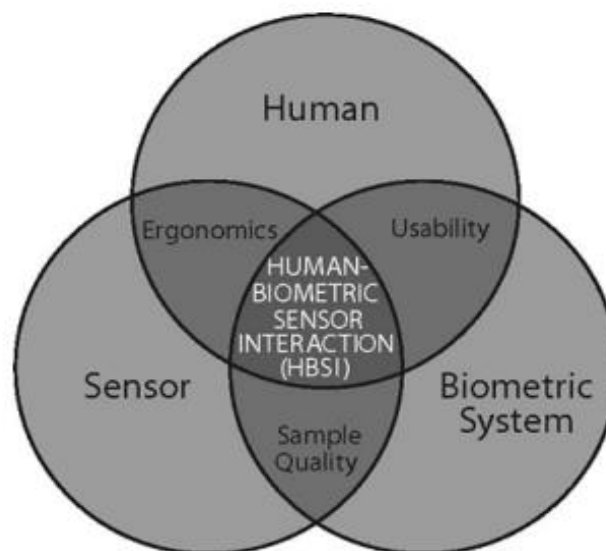


Figura 2 Modelo HBSI [29]

En el ámbito de la accesibilidad las investigaciones realizadas son escasas. Uno de los trabajos pioneros es una aplicación de reconocimiento facial para personas con discapacidad visual con el móvil. [30]

Por lo tanto, este proyecto es una línea de trabajo novedosa ya que las investigaciones previas son pocas y en la mayoría de los casos se centran en la accesibilidad para personas con discapacidades físicas. Sin embargo este trabajo se centra en un sector de la población con problemas de accesibilidad derivados de la edad (aparte de posibles discapacidades físicas y psíquicas añadidas). Son muchos los problemas con los que se tiene que enfrentar este colectivo para poder adaptarse a la continua evolución de la sociedad. Los estudios dedicados a solucionar estos problemas y superar las barreras con las que se encuentran son prácticamente nulos.

Gracias a los datos recogidos se ha podido llevar a cabo este estudio que propone mejoras para adaptar las metodologías de identificación de forma que cumplan unos requisitos de accesibilidad y usabilidad adecuados.

## 3 Plataforma de desarrollo

Para este proyecto, en el dispositivo móvil la plataforma sobre la que se ha desarrollado la aplicación es Android, en concreto la versión 4.0.3. Los algoritmos tanto de firma manuscrita como de detección de huella dactilar han sido implementados también sobre Android 4.0.3 para su uso en el móvil y sobre Matlab para el análisis posterior.

### 3.1 Algoritmos

Se han utilizado dos implementaciones de dos algoritmos de verificación (comparación 1:1), uno por cada modalidad biométrica: huella dactilar y firma manuscrita. El objetivo de utilizar estos algoritmos es el de obtener unas tasas de error que nos den una medida del rendimiento del sistema y con las que podamos comparar entre los dos grupos de usuarios. A su vez, se han utilizado en el dispositivo móvil durante la evaluación para dar feedback al usuario y al final de la evaluación para obtener el rendimiento del sistema.

#### Huella dactilar

El algoritmo utilizado para verificar las firmas es el Bozorth3 desarrollado por el NIST. Éste algoritmo devuelve un valor de 1 a 481 en la comparación de dos imágenes de huellas dactilares, siendo 1 totalmente diferentes y siendo 481 la misma imagen de la huella.

### **Firma manuscrita**

En la modalidad de firma hemos utilizado un algoritmo dinámico basado en DTW (utiliza el tiempo empleado en realizar la firma) [31]. Este algoritmo utiliza las coordenadas X e Y de cada punto de la firma además del tiempo. La implementación utilizada devuelve un valor de 0,00 a 5,00 en la comparación de dos firmas, siendo 0,00 totalmente diferentes y siendo 5,00 la misma firma.

## **4 Diseño de la solución**

### **4.1 Bases de la evaluación**

La evaluación se puede dividir en dos partes: obtención de datos (datos de los usuarios, huellas, firmas, vídeos, etc.) y procesamiento de datos. Los algoritmos biométricos se aplican en ambas partes: durante la captura de datos para dar feedback al usuario sobre si el proceso ha resultado exitoso (p. ej. si ha sido reconocido por el sistema) y durante el procesamiento para obtener tasas de error globales.

Se han definido las siguientes variables acorde con los requisitos iniciales: escenario, entorno, tipo de usuarios, número de muestras tanto para el reclutamiento como para la verificación e interfaces de usuario.

#### **4.1.1 Escenario y entorno**

El escenario ha sido modelado de la misma forma para todos los participantes en la evaluación de forma que no sea un factor influyente en los resultados: sobre una mesa se coloca el dispositivo móvil sobre el cuál interactuará el usuario, a la derecha el sensor de huella conectado al móvil y a la izquierda la tarjeta NFC. En frente de la mesa se colocan dos sillas: una será ocupada por el usuario y otra por el guía (Figura 3). Esta disposición puede ser modificada a lo largo de la sesión según las preferencias de los usuarios, por ejemplo para la firma manuscrita el usuario podrá tener el dispositivo sobre la mesa, en la mano, sobre las piernas, etc...



Figura 3 Imagen del escenario en una sesión.

El entorno queda definido por la disposición de los distintos dispositivos y sensores empleados, la colocación de los dispositivos de captura de vídeo y la posición del usuario y el guía en cada sesión.

En este estudio no nos hemos centrado en las condiciones ambientales, no obstante este factor no ha sido influyente en los resultados ya que el estudio se ha desarrollado bajo condiciones normales (p. ej. humedad y temperatura normales).

Los elementos de captura de vídeo se utilizan para grabar la evaluación para posteriormente poder analizar el comportamiento de los usuarios. La grabación se lleva a cabo con una cámara conectada a un portátil. Estos elementos están situados en una posición fija durante toda la sesión y se graba de manera continua. Para que la grabación sea útil se coloca la cámara de manera que grabe la interacción del usuario con los dispositivos. Para ello se dispone a una altura adecuada frente al usuario y el guía con un ángulo que permita la visión de los dispositivos, es decir, en una posición opuesta a la lateralidad del usuario. La cámara se sitúa siempre a una distancia que no moleste al usuario, pero que permita grabar correctamente audio y vídeo.

El guía se sitúa cerca del usuario ya que en esta evaluación los usuarios son mayores, no están muy familiarizados con las nuevas tecnologías y es más probable que encuentren dificultades. Además de la explicación que se da a priori a todos los usuarios, a lo largo de la sesión el guía realiza aclaraciones sobre la aplicación y ayuda a los usuarios en caso de que lo deseen o que se produzcan errores de forma sistemática tales como: borrar la firma si se ha hecho mal, dudas sobre cómo continuar con el proceso, problemas con el sensor, problemas por salirse del espacio asignado para cada firma, etc...

### 4.1.2 Usuarios

Los usuarios pertenecen al colectivo de la tercera edad. No están familiarizados con los dispositivos biométricos y tienen dificultades en su uso debido a diferentes problemas tanto físicos como cognitivos.

Para que el estudio sea representativo, los usuarios deben ser a su vez representativos de éste colectivo. Para ello en este estudio han participado personas con distinto nivel de formación, de ambos sexos, distinta vida laboral y distinto nivel de conocimiento de las tecnologías. Se ha decidido establecer dos grupos diferentes de usuarios: usuarios que conocen las tecnologías y usuarios que no las conocen.

El colectivo de la tercera edad está formado por la población mayor de 65 años y una gran parte de estos usuarios tienen un conocimiento nulo de las tecnologías (p.ej. no están familiarizados con ordenadores o smart phones). Por ello en el grupo de usuarios que sí conocen las tecnologías el umbral de edad se ha bajado a 60 años pudiendo así encontrar suficientes usuarios familiarizados con la tecnología.

### 4.1.3 Fases de la evaluación

En este experimento se han reproducido las partes principales de un sistema de reconocimiento biométrico utilizado para hacer pagos. Distinguimos cuatro procesos principales: entrenamiento, reclutamiento, captura de muestras y compra.

El entrenamiento es la primera toma de contacto de los usuarios con el sistema y sirve para que adquieran suficiente destreza para completar el proceso. El tiempo empleado en el entrenamiento puede variar en función de lo que necesite el usuario para practicar y las muestras obtenidas no se registran.

En el reclutamiento se capturan las muestras que servirán como patrón para cada usuario, por lo que debe hacerse de forma muy controlada ya que es importante que no se produzcan errores. Se capturan un número de huellas entre 2 y 5 y se comparan entre ellas hasta que dos sean lo suficientemente similares (según el algoritmo de reconocimiento de huella utilizado), entonces se guarda la primera como patrón del usuario. Este proceso se repite para los dedos índice y anular de cada mano siempre y cuando sea posible (el usuario tenga esos dedos). Si en 5 intentos no se capturan 2 huellas lo suficientemente similares en ningún dedo el usuario no puede participar en el experimento.

Para el caso de firma manuscrita se capturan entre 5 y 15. Hay 5 bloques de firmas y en cada uno de ellos 3 firmas, en el primer bloque se compara la 1ª firma con la 2ª y si no es correcta se hace una 3ª firma y se compara con ésta, en el resto de bloques se compara la 1ª firma con el patrón del primer bloque y si no es correcta se hace una 2ª firma y se compara y si no es correcta una 3ª; el proceso del resto de bloques es igual. Se han capturado cinco firmas ya que son suficientes para realizar las comparaciones biométricas necesarias y a la vez no son muchas como para producir cansancio en el usuario.



En la captura de muestras se realiza un proceso similar al del reclutamiento pero se capturan más muestras. En primer lugar se toman muestras de huellas hasta obtener 5 correctas de cada huella que se ha reclutado y a continuación el usuario realiza firmas hasta obtener 10 correctas, se repetirá cada huella o cada firma como máximo 3 veces si la comparación no es exitosa.

En la compra hay tres oportunidades para obtener una muestra correcta, el usuario elige si realiza la verificación con firma o con huella y serán estas las muestras que se capturen.

## 4.1.4 Dispositivos

Para realizar el estudio se han empleado: 1 dispositivo móvil, 1 ordenador portátil, 1 sensor de detección de huella, 1 cámara y una tarjeta NFC. Las características de los dispositivos son las siguientes:

- Asus EeePC MT101 (ordenador)



Figura 4 Ordenador utilizado

Pantalla resistiva de 10,1 pulgadas de tipo LED (1024x600px). Tiene un procesador Intel Atom N450. Trabaja con el Sistema Operativo Windows 7 de 64 bits.

- Samsung Galaxy Note II GT-N7100 (dispositivo móvil)



Figura 5 Dispositivo móvil utilizado

Pantalla super AMOLED HD de 5,5 pulgadas (1280x720px). Tiene un chipset tipo Quad Core con una frecuencia de 1,6GHz. Trabaja con el sistema operativo Android 4.1 (Jelly Bean).



- SecuGen Hamster Plus (sensor de huella)



Figura 6 Sensor de huella utilizado

Tiene una resolución de 500 DPI. Funciona a temperaturas entre -20° y 65°C. Soporta los siguientes sistemas operativos: Windows 7 / Vista / XP / 2000 / 9x, Windows CE, Windows Server 2008 R2, 2003, Android, Java y Linux.

- Logitech Carl Zeiss Tessar HD 1080p (cámara)



Figura 7 Cámara utilizada

Permite hacer grabaciones de vídeo Full HD (hasta 1920 x 1080 píxeles). Tiene micrófonos estéreo integrados con reducción de ruido automática y tecnología Logitech Fluid Crystal.

- Mifare Ultralight (tarjeta)



Figura 8 Tarjeta utilizada

Es una tarjeta diseñada para soportar tecnología NFC. Permite la transmisión de datos sin contacto a una distancia de 5-10cm.

#### 4.1.5 Diseño de interfaces

A la hora de diseñar las interfaces de usuario se han tenido en cuenta numerosos factores, por un lado están adaptadas a la accesibilidad y por otro lado se han incluido requisitos necesarios para el colectivo de mayores. Las decisiones en el diseño han sido hechas según el *libro verde de la accesibilidad* [32].

Para el diseño de la interfaz se han realizado ciertas modificaciones sobre el modelo inicial con el fin de evitar problemas en la evaluación por el hecho de tratarse de personas mayores por lo general no familiarizadas con las tecnologías. Estas modificaciones se realizaron tras haber hecho unas pruebas con personas de este colectivo antes de comenzar con la evaluación. Este modelo de diseño es el de los sistemas user-centric o centrados en el usuario, en el cual el propio usuario participa en el diseño a través de opiniones, sugerencias y haciendo pruebas previas [33].

En primer lugar se detectó un alto nivel de desconfianza por parte de los usuarios al solicitar su firma y su huella y, sobre todo, al simular la compra. En un principio se establecía un precio aleatorio de la compra para que se asemejase más a la realidad pero tras observar la desconfianza se decidió eliminar el precio y concluir con que la compra era gratuita. Por otra parte, se detectó un problema a la hora de realizar la firma en el dispositivo móvil ya que un gran número de usuarios no están acostumbrados a firmas en este tipo de interfaz y al apoyar la mano para mayor comodidad al firmar se pulsaban otros botones de la aplicación; por ello en la pantalla de firma se decidió desactivar los botones de la parte inferior.

#### 4.1.6 Interfaces de la evaluación

Al comenzar con la evaluación el usuario puede ajustar tanto el brillo como el volumen y el color de la interfaz para aumentar la comodidad y facilitar la interacción a usuarios con problemas de vista u oído. Estas características se seleccionan al principio de la aplicación y quedan fijas para el resto de visitas.

El brillo puede ajustarse a un nivel bajo, medio o alto (Figura 9) y al pulsar en cada una de las opciones aparece una imagen con distinto nivel de brillo para que el usuario evalúe el umbral más adecuado para su comodidad.



Figura 9 Ajuste de brillo

La pantalla para ajustar el volumen (Figura 10) de las indicaciones y mensajes es similar a la de selección de brillo pero al pulsar cada opción se reproduce la frase “*por favor, seleccione el tono que prefiera*” con el nivel de volumen seleccionado.



Figura 10 Ajuste volumen

Además de los valores anteriores se han seleccionado formatos distintos combinando los colores de fondo y de las letras. Los tres formatos elegidos son: fondo negro y letra blanca, fondo blanco y letra negra o fondo azul y letra blanca (Figura 11). Estas combinaciones pueden mejorar la comodidad para personas con baja visión (muy frecuente en personas mayores).



Figura 11 Ajuste color

## 4.2 Datos

Con el objetivo de captar personas que participasen en la evaluación se realizó inicialmente una sesión de información en los tres de los centros de mayores del distrito Moncloa-Aravaca: “Infante Don Juan”, “Dehesa de la Villa” y “Manzanares” [34]. Además se llevó a cabo otra sesión de información en el Hospital Carlos III al personal mayor de 60 años. En estas sesiones se informó y solicitó participación en la evaluación a un total de 85 personas de las cuales 40 se ofrecieron a participar, 15 manifestaron que necesitarían consultarlo con familiares (finalmente no participaron) y 30 no estaban dispuestos a participar. De las 40 personas que inicialmente iban a participar en la evaluación, 2 se retiraron de la misma en la primera cita sin llegar a comenzar el proceso.

Una vez obtenidos los 38 usuarios se realizó una planificación para citar a cada persona en dos ocasiones de manera individual. Finalmente la evaluación se realizó con éxito a un total de 28 usuarios ya que de los 38 citados: 2 no acudieron a la segunda sesión, con 3 usuarios hubo un problema de pérdida de datos y con 5 usuarios surgió un problema con el sensor de huellas. Las personas mayores tienen en muchos casos problemas con los sensores de huella dactilar (debido a cortes, desgaste, arrugas, etc.) [35]

De los 28 usuarios 15 conocen las tecnologías y 13 no. El 50% de los usuarios tienen entre 60 y 70 años, el 42,8% entre 70 y 80 años y tan sólo el 7,2% de los usuarios es mayor de 80 años, como se muestra en la Figura 12.

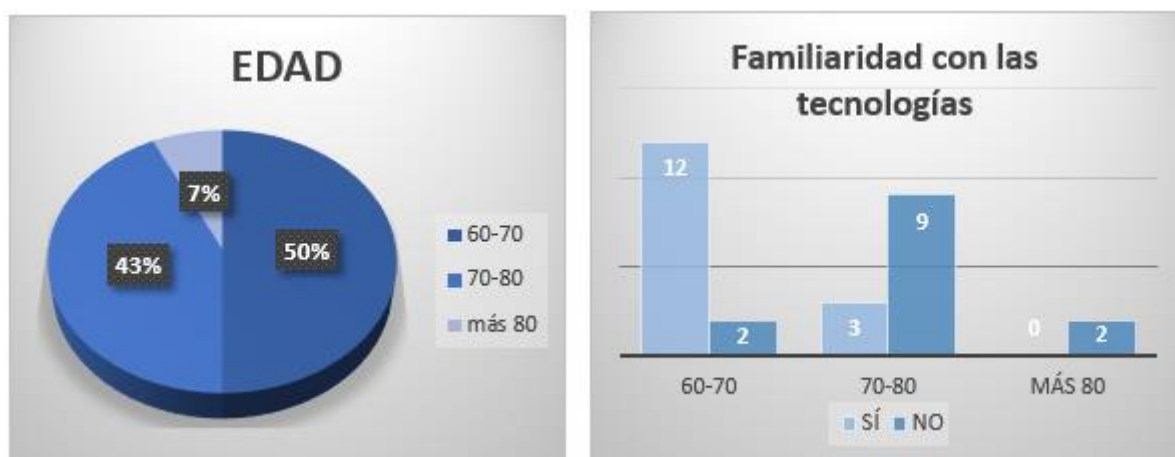


Figura 12 Datos de los usuarios.

En cuanto al género, hay una mayoría de usuarios del género femenino: 75% y una minoría del género masculino (25% restante); sin embargo, en el grupo de usuarios que conocen las tecnologías el porcentaje representado por hombres es mayor: el 40% y en el grupo de usuarios que no las conocen este porcentaje es tan sólo el 7,7%.

La vida laboral también puede influir en los resultados ya que si el trabajo realizado por los usuarios ha sido manual las huellas dactilares pueden estar más deterioradas. En la Figura 13 se representan datos de la vida laboral de los usuarios.

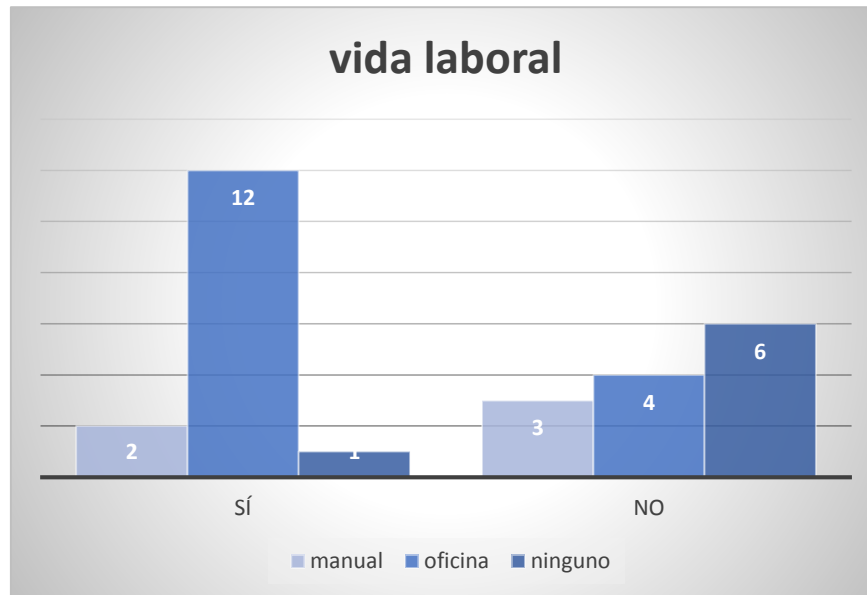


Figura 13 Vida laboral

## 5 Desarrollo

### 5.1 Proceso

Para poder realizar el experimento se ha contactado con la jefa de departamento de servicios sociales del Distrito Moncloa-Aravaca. Se solicitó poder realizar las pruebas necesarias a los distintos usuarios y tras recibir autorización (Anexo B) se llevó a cabo una sesión de información en los distintos Centros Municipales del distrito.

En esta sesión se informó a los usuarios del objetivo del TFG, de los requisitos necesarios y de las pruebas que se realizarían en cada visita. Se citó a los usuarios dispuestos a participar en la evaluación para 3 citas con un intervalo de: 3-5 días en el caso de usuarios que no conocen las tecnologías y 10-15 días en el caso de usuarios familiarizados con las mismas. En un primer momento se pensaron hacer 3 visitas, sin embargo, debido a la dificultad para citar a los

usuarios y los problemas que surgieron (ya que éstos olvidaron en numerosas ocasiones sus citas), finalmente se han llevado a cabo 2 sesiones.

El papel del guía en la evaluación es principalmente el de dar una explicación inicial con la información necesaria para el usuario y adicionalmente ayudar al usuario en caso de que éste lo necesite.

En los diagramas de flujo de la Figura 14 se pueden observar los pasos a seguir en cada una de las sesiones.



Figura 14 Diagramas de flujo de las visitas

A continuación se detallarán los pasos a seguir en los procesos de: entrenamiento, reclutamiento [Figura 15], captura de muestras para la base de datos [Figura 16] y compra [Figura 17] con la ayuda de sus correspondientes diagramas de flujo.

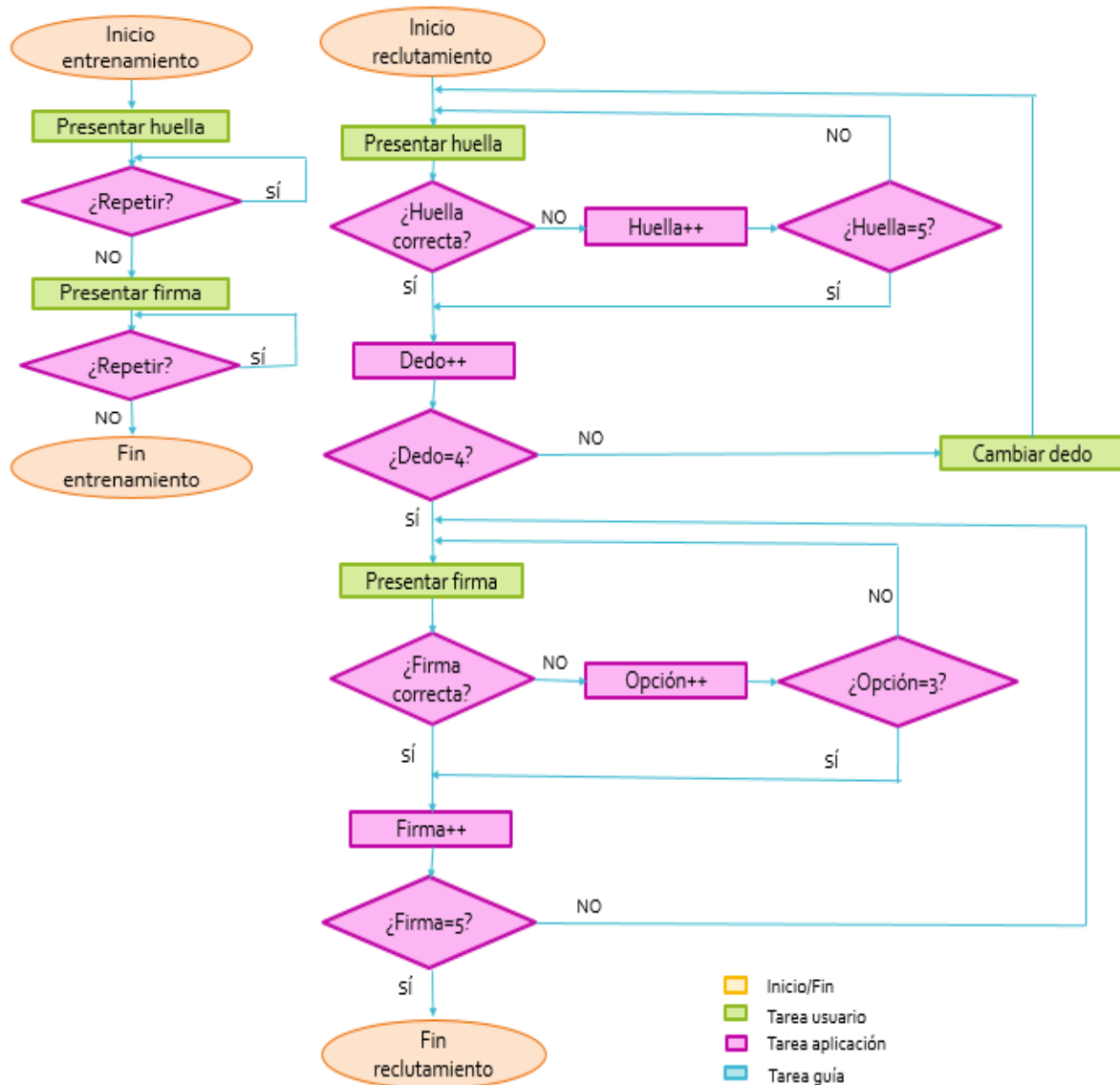


Figura 15 Diagrama de flujo entrenamiento y reclutamiento

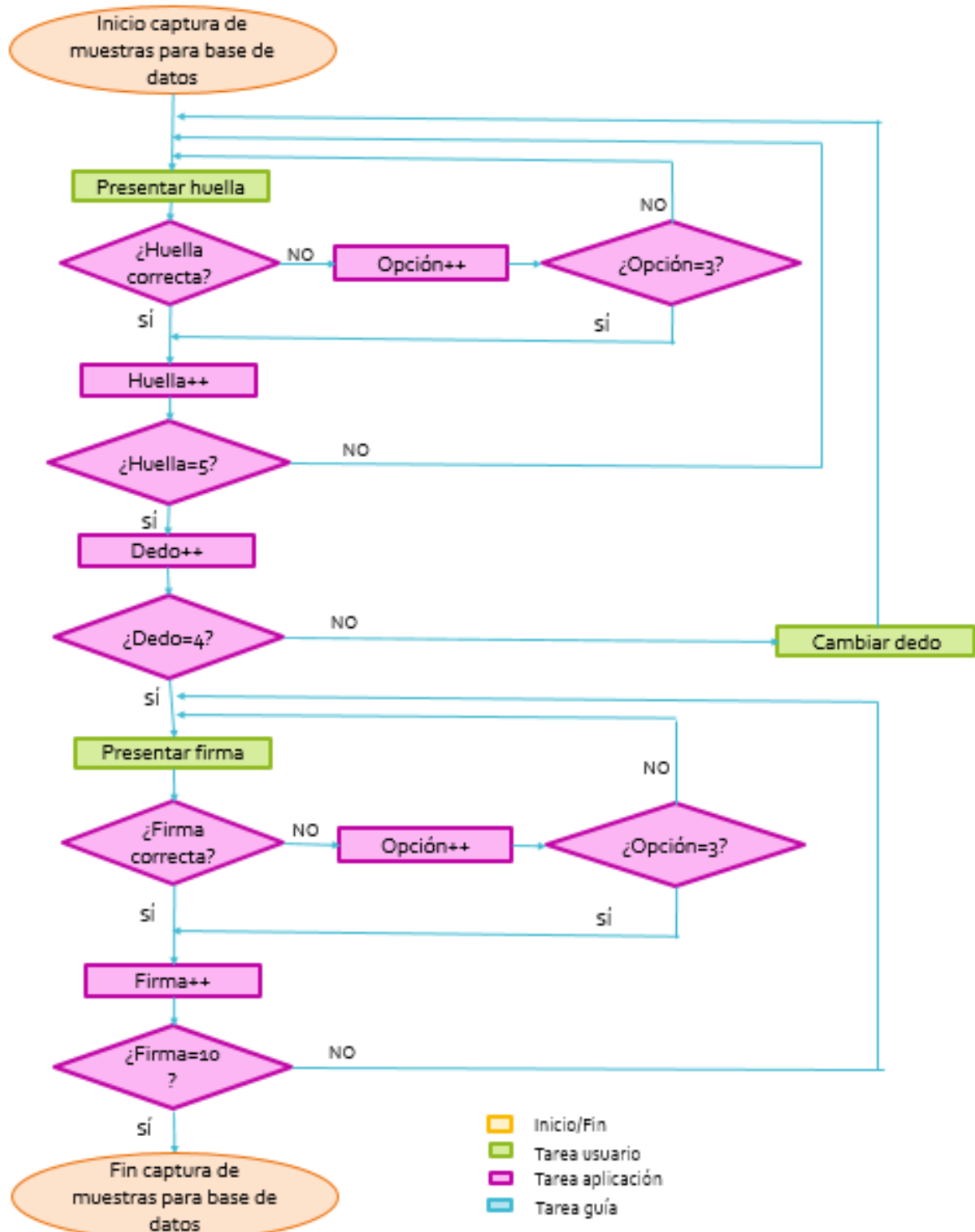


Figura 16 Diagrama de flujo captura de muestras



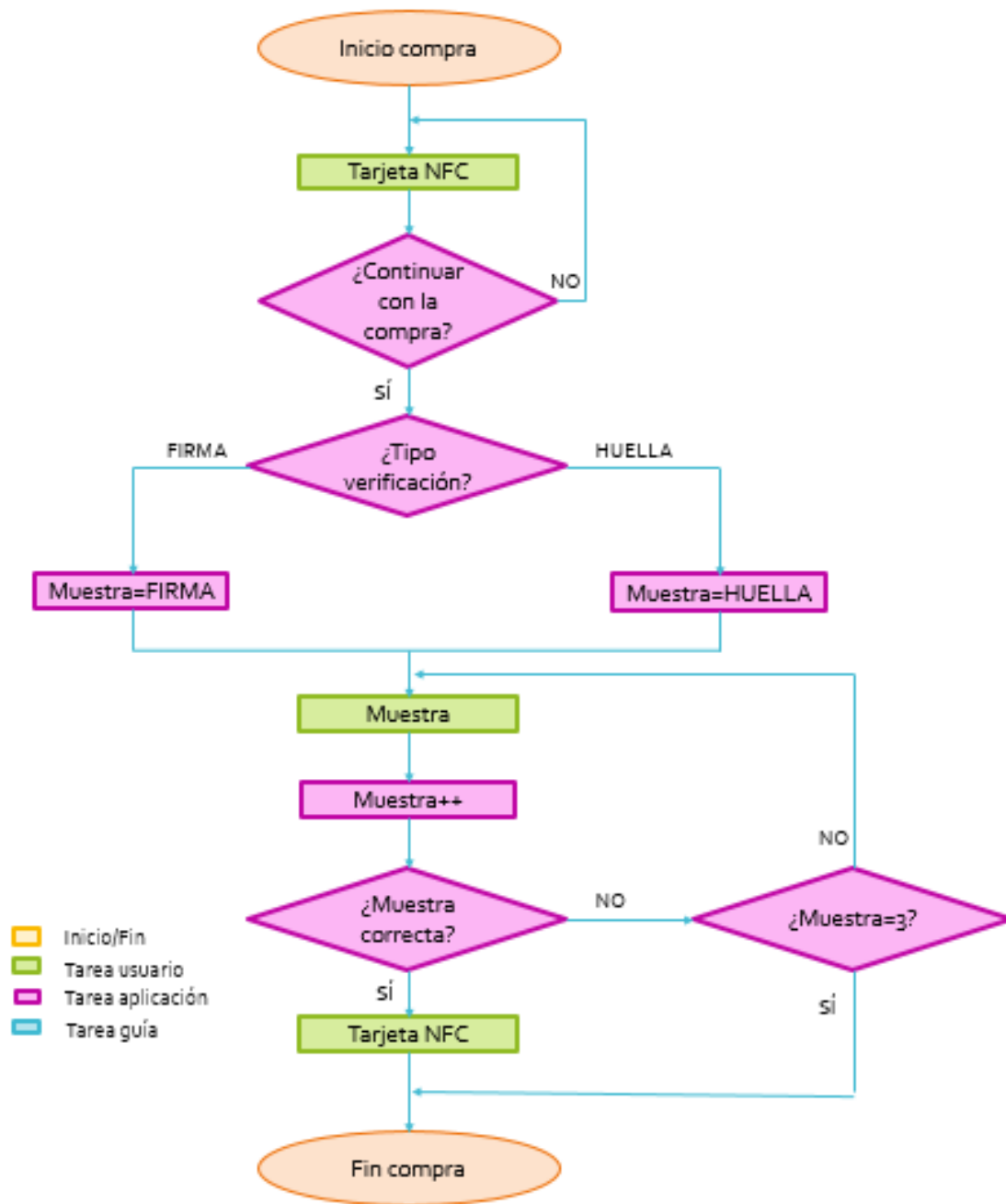


Figura 17 Diagrama de flujo compra

## 5.2 Guía en la evaluación

En la primera sesión el guía explica detalladamente el proceso que se va a llevar a cabo, a continuación el usuario debe firmar un documento en el que se le informa de su cometido en la evaluación. Este documento ha sido elaborado acorde con la LOPD (Anexo C.1). Tras obtenerlo firmado el usuario comienza a interactuar con la aplicación. Para comenzar el guía rellena ciertos datos del usuario como son: nombre, apellidos, edad, profesión, género, lateralidad y accesibilidad. A continuación el usuario (con ayuda del guía) procede a seleccionar los valores adecuados de brillo, volumen y color. Una vez realizado este registro se lleva a cabo un entrenamiento seguido del reclutamiento; en ésta misma sesión se lleva a cabo una compra, una captura de datos y otra compra (procesos detallados posteriormente).

En la segunda sesión el guía sólo repetirá la explicación si el usuario lo requiere, después se llevarán a cabo procesos similares a los de la primera visita: compra, captura de datos y compra. Finalmente el guía facilitará al usuario un formulario de satisfacción anónimo (Anexo C.2) para poder evaluar a posteriori características de usabilidad.

## 5.3 Problemas

El primer problema que ha surgido es el encontrar a los usuarios adecuados y realizar las diferentes sesiones con ellos. Por un lado el requisito de la edad limita mucho los posibles usuarios dentro de la población, además se necesitaba un número representativo de usuarios que estuviesen familiarizados con las tecnologías. En un principio el umbral de edad se había establecido en 65 años, pero finalmente se decidió bajar el umbral a 60 años. Este problema se debe a que los usuarios encontrados que tenían algún conocimiento de las tecnologías (por lo general muy básico) mostraban un rechazo a la hora de exponer sus huellas dactilares y su firma manuscrita por inseguridad y desconfianza. Por otro lado una vez establecido el calendario de citas con cada uno de los usuarios finalmente seleccionados surgió otro problema que retrasó el proceso: el hecho de trabajar con personas mayores hizo que en numerosas ocasiones éstos olvidasen sus citas y por ello el calendario se modificó tratando de cumplir en todos los casos con los tiempos de evaluación.

Una vez realizada la aplicación, antes de comenzar el proceso de toma de datos, se decidieron cambiar algunas especificaciones ya que al realizar unas pruebas previas a la evaluación de usabilidad se detectaron problemas (por ejemplo desactivar los botones inferiores en la pantalla de firma). Esto supuso un retraso en la fecha de comienzo del proceso pero permitió mejorar la usabilidad del sistema.

Debido al uso continuado del sensor de huella dactilar el conector del sensor con el dispositivo móvil se deterioró, por ello en varias ocasiones el dispositivo móvil no detectaba correctamente el sensor y se detenía la aplicación. Esto ha supuesto la pérdida de 5 usuarios ya que no se ha podido realizar correctamente la captura de datos en al menos una de las sesiones.

Una vez terminada la toma de datos, a la hora de procesarlos se identificó un problema de pérdida de datos ya que los datos de la primera visita fueron sobrescritos con los datos de la segunda. Esto provocó la eliminación de otros 3 usuarios. Otro problema de menor importancia ha sido la pérdida de algunos videos de las visitas de ciertos usuarios.

## 6 Pruebas

### 6.1 Evaluación de la usabilidad y accesibilidad

#### 6.1.1 Usabilidad

Para evaluar la usabilidad del sistema se tienen en cuenta los 3 parámetros con los que la ISO 9241:2010 define la usabilidad:

- **Efectividad.** Es la capacidad que tiene cada usuario para completar una tarea de manera adecuada.

En este trabajo, hemos tomado varias medidas de efectividad. En primer lugar se calcula el número de veces que se ha realizado cada visita de manera correcta. De los 38 usuarios son 28 los que han realizado el total del proceso. De los 10 que no llegaron a realizar el proceso completo diferenciamos dos casos: usuarios que completaron la primera visita y usuarios que completaron la segunda visita. Son 3 usuarios que realizaron la segunda sesión de manera correcta pero los datos no se guardaron bien. Los 7 restantes finalizaron correctamente la primera visita pero no la segunda (5 de ellos por problemas con el sensor y 2 por no acudir). [Figura 18]

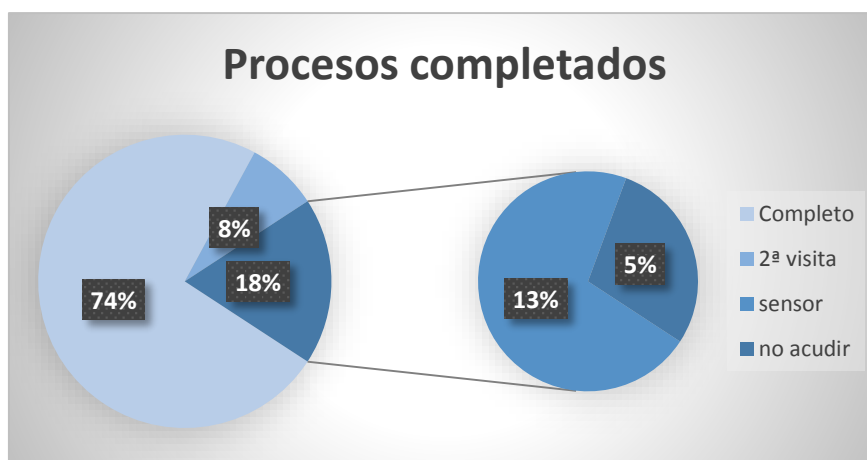


Figura 18 Eficiencia

Por otro lado se han analizado parámetros similares en el proceso de compra. De las 99 compras realizadas en total 95 se han finalizado. En la siguiente tabla se puede observar la información de este proceso más detallada. Relacionando el número de compras realizadas con cada una de las modalidades con el número total de compras y analizando los errores detectados en las mismas.

PARÁMETRO	TASA (%)
Compras finalizadas correctamente	95.95
Compras realizadas con huella	57.57
Compras realizadas con firma	42.43
Errores en las compras con huella	66.67
Errores en las compras con firma	9.52

Tabla 1- Efectividad compra

- Eficiencia.** Es el tiempo empleado por un usuario para finalizar una tarea. En este TFG se ha analizado el tiempo que tarda cada usuario en completar cada sesión obteniéndose los siguientes datos. En la Figura 19 podemos ver la relación de tiempo existente entre la duración de la primera visita y la duración de la segunda. Cabe destacar que de los usuarios que redujeron el tiempo a la mitad el 70% eran usuarios familiarizados con las tecnologías mientras que los usuarios que aumentaron el tiempo de duración el 100% eran usuarios que no estaban familiarizados con las mismas.

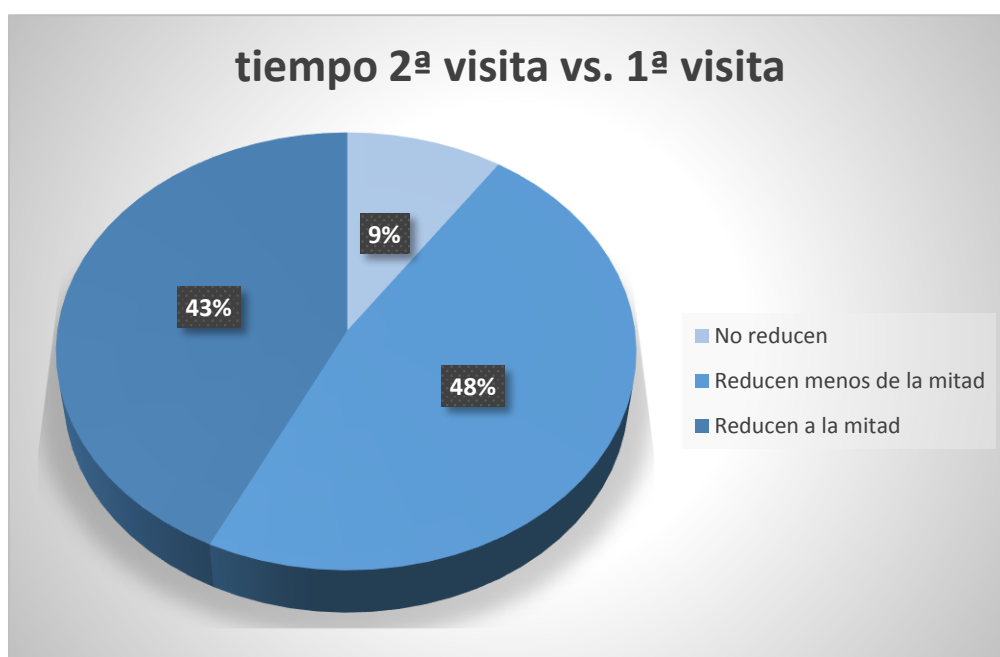


Figura 19 Resultados finales eficiencia

- **Satisfacción.** Gracias a los formularios de satisfacción anónimos que ha rellenado cada usuario una vez finalizadas todas las visitas se puede evaluar el grado de satisfacción de los usuarios con el sistema. En este formulario se solicita a los usuarios información personal, información sobre experiencias anteriores con la tecnología y valoraciones personales sobre ciertos aspectos del experimento [Anexo C2].

En la Figura 20 se puede observar el grado de satisfacción de los usuarios con los distintos parámetros evaluados. Ningún usuario ha evaluado ninguno de los aspectos de insatisfactorio ni de muy insatisfactorio, en la gráfica aparece el número de usuarios que indicaron cada nivel de satisfacción.

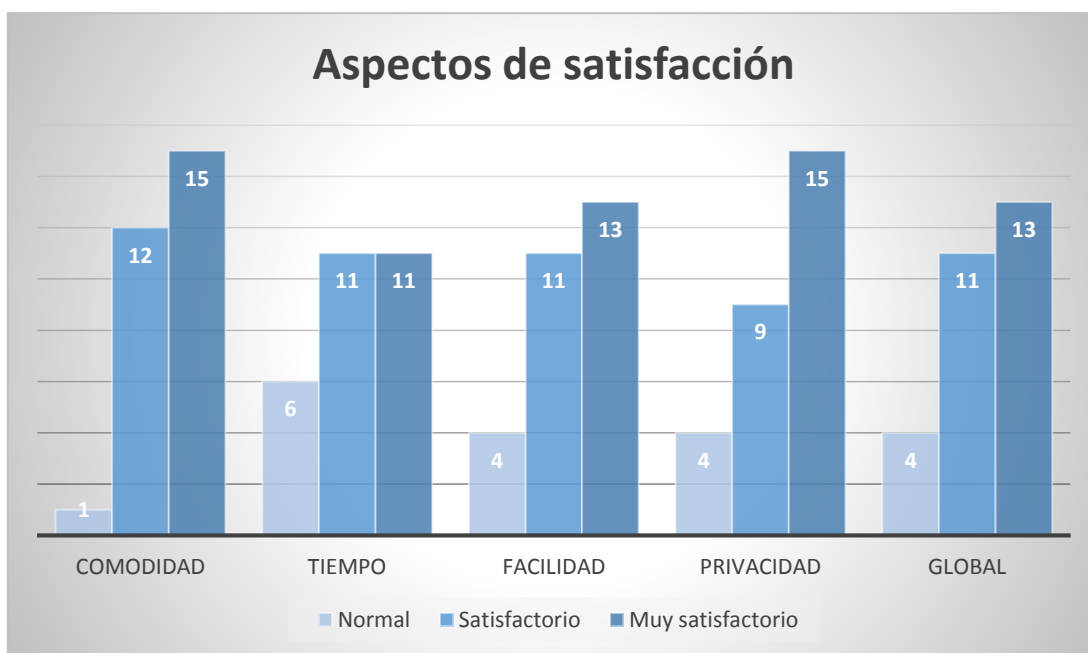


Figura 20 Resultados finales satisfacción

En el resto de las preguntas el 100% de los usuarios manifiesta que ha recibido instrucciones suficientes y que si tiene oportunidad de utilizar aplicaciones similares lo hará. El 90% considera que los conocimientos adquiridos han sido suficientes y el 10% restante los considera insuficientes. De los usuarios que indican estar familiarizados con las tecnologías el 100% lo está con los dispositivos móviles, el 80% con ordenadores, el 50% con cámaras y ninguno de ellos con los dispositivos biométricos.

### 6.1.2 Accesibilidad

Mediante las variables elegidas en la primera visita antes de comenzar el proceso de entrenamiento se obtienen las preferencias de los usuarios en cuanto al volumen, el brillo y el color [Figura 21]. Las preferencias más comunes son las siguientes: el 96.4% de los usuarios eligen volumen medio, el 50% brillo medio y el 46.4% fondo blanco y letras negras.

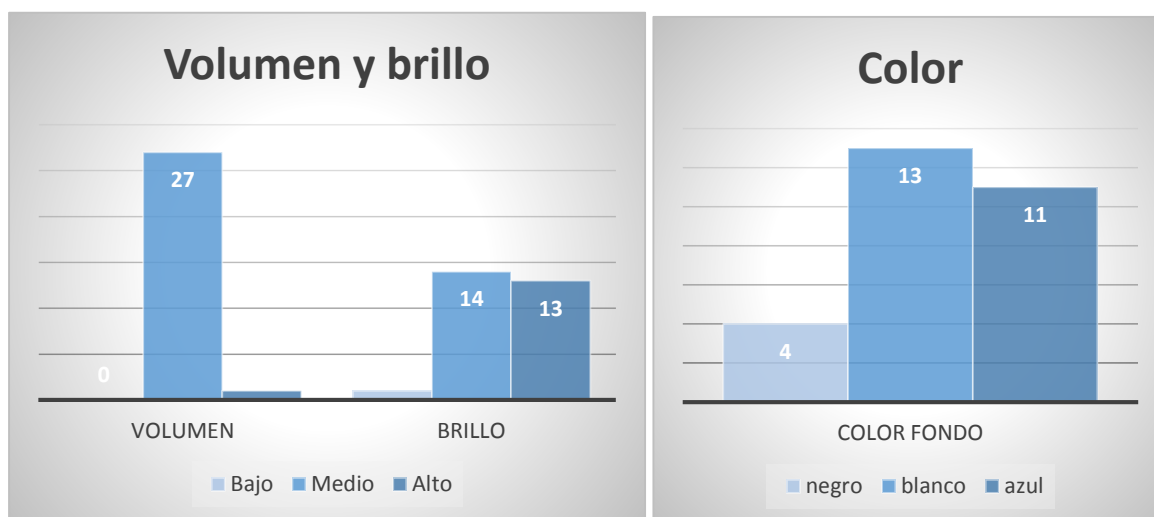


Figura 21 Parámetros de accesibilidad

## 6.2 Rendimiento de los algoritmos

El rendimiento de los algoritmos se utiliza en este trabajo para establecer conclusiones de usabilidad basándonos en los resultados numéricos obtenidos. Ya que el uso de la biometría tiene el fin de proveer seguridad al sistema podemos contrastar con estos datos en qué condiciones dicho sistema se ve más o menos comprometido. Hemos utilizado los algoritmos para comparar los datos biométricos durante la propia evaluación y al final de la evaluación.

### 6.2.1 Uso de los algoritmos de verificación durante la evaluación.

Se han utilizado para dar resultados *in situ* de las comparaciones y de esta forma proveer al usuario de una realimentación o feedback de modo que sea consciente del resultado de la verificación. De esta forma se pueden evitar errores sistemáticos (p.ej. si un usuario está firmando siempre fuera del espacio dedicado para la firma va a recibir siempre un error). Para diferenciar las muestras correctas de las muestras incorrectas se ha utilizado un umbral definido por los desarrolladores de los algoritmos: en huella todas las comparaciones que devuelvan un valor por debajo de 30 (en la escala 1 (totalmente diferente) – 481 (la misma huella)) se consideran errores y en firma todos los valores por debajo de 4 (en la escala 0,00 (totalmente diferente) – 5,00 (la misma huella)).

A lo largo de todo el proceso se han obtenido un total de 1114 firmas teniendo una tasa de error del 11,04%, sin embargo, de las 2743 huellas capturadas el 35,47% han sido erróneas [Figura 22].

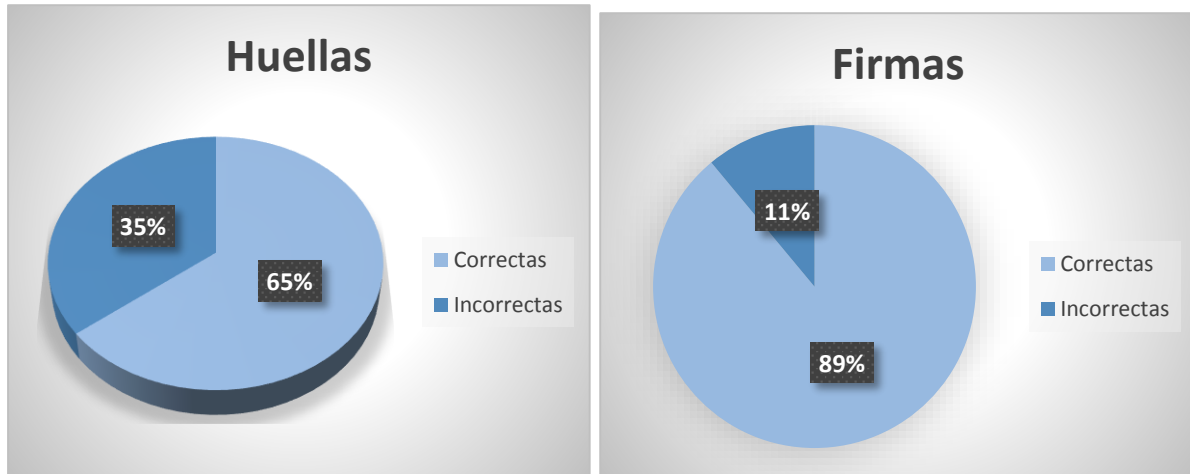


Figura 22 Errores durante la evaluación

### 6.2.2 Uso de los algoritmos al final de la evaluación.

Una vez completada la base de datos se obtienen tasas de error de los algoritmos con el objetivo de comparar entre los dos grupos de usuarios establecidos y las dos sesiones realizadas y estudiar su evolución. Para ello se utilizan tres tipos de tasas de error muy comunes en la biometría: FRR (False Rejection Rate), FAR (False Acceptance Rate) y EER (Equal Error Rate) [Figura 23].

La tasa de falso rechazo (FRR) se obtiene comparando únicamente las muestras de los usuarios genuinos con cada patrón obtenido en el reclutamiento. La tasa de falsa aceptación (FAR) se obtiene comparando las muestras de cada usuario con las de otros usuarios aleatoriamente (usuarios impostores). Idealmente, tanto la FAR como la FRR deberían ser 0%, lo que significaría que no ha habido errores. El EER es la tasa de error en la que FRR y FAR tienen el mismo valor, cuanto menor sea esta tasa menos errores se producirán en el sistema [36].



Figura 23 FRR, FAR, EER

Para obtener el FRR en huella se ha utilizado como patrón la primera muestra útil del reclutamiento y se han utilizado todas las imágenes genuinas de cada usuario dividiéndolas en visitas, de forma que de cada usuario se realizan al menos 5 comparaciones por dedo y por sesión (20 comparaciones). En firma también se ha utilizado como patrón la primera muestra útil del reclutamiento y todas las muestras obtenidas por sesión (al menos 10 comparaciones) para la verificación. Para obtener la FAR se han comparado 10 muestras aleatorias de otros usuarios con cada patrón de cada usuario en las dos modalidades. En la Figura 24 se observan los valores del EER clasificados según el nivel de familiaridad con las tecnologías y la visita.

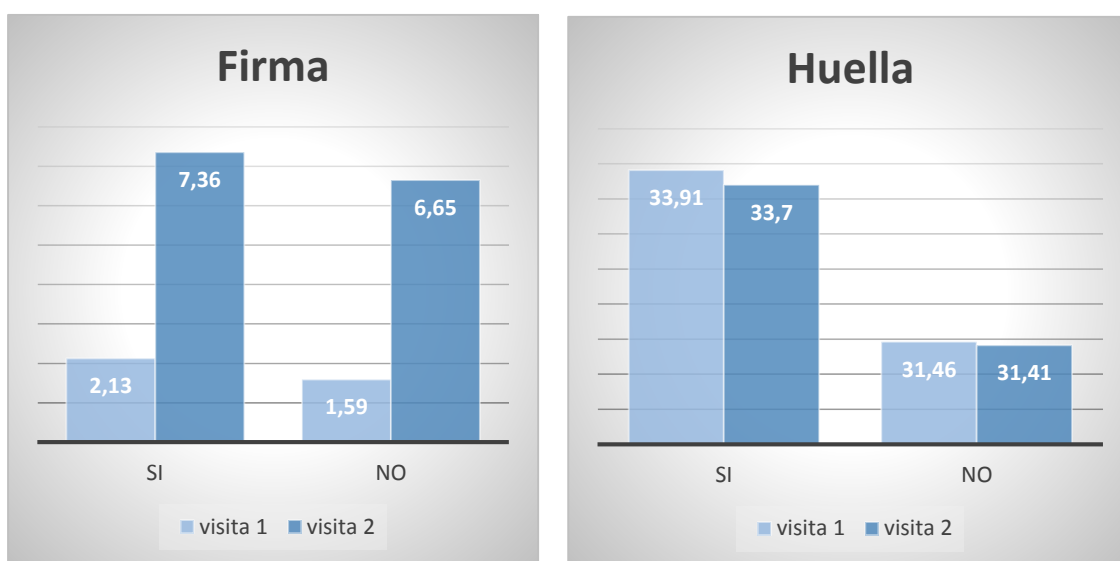


Figura 24 EER en % tras la evaluación

## 7 Conclusiones y líneas futuras

Los resultados se han obtenido a partir de la base de datos limitada generada a partir de las pruebas realizadas por lo tanto las conclusiones obtenidas no son definitivas. Sin embargo, con las conclusiones extraídas se puede hacer un primer acercamiento a lo que sería el diseño de un sistema accesible real.



## 7.1 Rendimiento

En las gráficas de la Figura 16 se puede observar que la tasa de error en la segunda visita es mayor que en la primera, esto se debe al hecho de que la firma puede variar si el usuario cambia de posición al firmar. Además, al tratarse de usuarios mayores, en ciertas ocasiones no recordaban su propia firma o no sabían cómo habían firmado en la primera visita ya que manifestaban que no siempre firmaban igual. Cuatro usuarios solicitaron ver la primera firma para poder repetirla igual pero no fue mostrada ya que reduciría la seguridad de un hipotético sistema real.

En la misma figura podemos observar que los errores son similares independientemente del conocimiento de las tecnologías, incluso menores en los usuarios que no conocen la tecnología. Por lo tanto se puede concluir que el estar familiarizado con las tecnologías no supone una ventaja en cuanto al rendimiento en las modalidades biométricas probadas.

Las tasas de error de las diferentes visitas en huella son muy próximas mientras que en la firma existe una diferencia mayor. Esto se debe al hecho de que la huella es una característica fisiológica que en periodos cortos de tiempo apenas varía mientras que la firma es una característica basada en rasgos conductuales y es inestable con el tiempo.

La tasa de error es mucho mayor en huella (33% aproximadamente) que en firma (entre 1% y 6%). Por ello llegamos a la conclusión de que la identificación por huella para personas mayores no es adecuada.

## 7.2 Usabilidad

La efectividad (capacidad del usuario para completar una tarea) del sistema incluyendo todas las fases es del 74%, pero aislando el proceso de compra se incrementa hasta el 95,95%. Este incremento de la efectividad se debe a que el usuario ha ido adquiriendo habilidad durante los procesos de reclutamiento y entrenamiento que son anteriores a la realización de la compra.

De los datos de la eficiencia cabe destacar que en los usuarios que no conocen las tecnologías el tiempo empleado para cada visita es muy similar. Por lo tanto la conclusión principal de este análisis es que estos usuarios no mejoran su eficiencia ya que dos sesiones no son suficientes para el aprendizaje de nuevas tareas con las que no están familiarizados.

A pesar de que los usuarios no están familiarizados en ninguno de los casos con las modalidades biométricas el nivel de satisfacción en general es muy alto. Todos los usuarios manifiestan que harían uso de estos sistemas si tuviesen ocasión; por lo tanto, si estos sistemas se adaptasen de manera adecuada, tendrían gran aceptación y éxito entre usuarios.

## 7.3 Líneas futuras

Como se ha indicado anteriormente la identificación por huella dactilar en el colectivo de mayores no funciona correctamente, por lo tanto en un futuro sería más adecuado emplear otra modalidad biométrica. Una de las modalidades que ofrece mejores tasas de error es el reconocimiento por iris pero es una técnica muy intrusiva por lo que podría generar rechazo entre los usuarios de avanzada edad. Por lo tanto una técnica más adecuada por su seguridad y comodidad sería la identificación por los rasgos de la cara.

Los resultados obtenidos en cuanto a la accesibilidad (volumen, brillo y color) pueden ser empleados a la hora de diseñar una nueva aplicación. Así mismo los mensajes de feedback han servido de gran ayuda a los usuarios por lo que también deberían incluirse. Estos valores pueden implantarse en cajeros automáticos, por ejemplo, para facilitar la interacción.

Para mejorar los resultados una opción sería aumentar el tamaño de los dispositivos empleados o en su defecto del espacio dedicado a la realización de la firma manuscrita.

Debido al carácter no definitivo de los resultados obtenidos sería adecuado realizar investigaciones similares con más usuarios para incrementar la base de datos. Debido a la escasa información existente a cerca de la accesibilidad se podría realizar una investigación en la misma línea con otros colectivos que presentan problemas para la interacción como por ejemplo discapacitados visuales.

## 8 Bibliografía

- [1] A.Ross, K Nandakumar, A Jain "Handbook of multibiometrics" Springer, 2006
- [2] <http://www.umanick.com/tecnologias-biometricas/> [activa el 21/05/2014]
- [3] <https://www.apple.com/es/iphone-5s/> [activa el 21/05/2014]
- [4] <http://www.ocu.org/tecnologia/telefono/noticias/tecnologia-nfc> [activa el 21/0/2014]
- [5] <http://www.mobileworldcongress.com/> [activa el 21/05/2014]

- 
- [6] <http://www.sonymobile.com/global-es/support/discover-more/nfc/> [activa el 21/05/2014]
- [7] <http://www.samsung.com/es/consumer/mobile-phone/smartphones/topic/tecnologia-a-nfc> [activa el 21/05/2014]
- [8] [http://zing.ncsl.nist.gov/biiousa/docs/Usability\\_and\\_Biometrics\\_final2.pdf](http://zing.ncsl.nist.gov/biiousa/docs/Usability_and_Biometrics_final2.pdf) [activa el 21/05/2014]
- [9] <http://www.boe.es/boe/dias/1999/12/14/pdfs/A43088-43099.pdf> [activa el 21/05/2014]
- [10] [http://biometrics.nist.gov/cs\\_links/ibpc2012/presentations/Day3/PanelIII/340\\_1\\_mansfield\\_panel\\_IBPC.pdf](http://biometrics.nist.gov/cs_links/ibpc2012/presentations/Day3/PanelIII/340_1_mansfield_panel_IBPC.pdf) [activa el 25/05/2014]
- [11] [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail?csnumber=38824](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=38824) [activa el 25/05/2014]
- [12] [http://www.securetech.com.uy/servicios/info/biometria\\_5.htm](http://www.securetech.com.uy/servicios/info/biometria_5.htm) [activa el 25/05/2014]
- [13] <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/b/bertillon.htm> [activa el 30/05/2014]
- [14] <http://www.elenciclopedista.com.ar/henry-faulds-1843-1930/> [activa el 30/05/2014]
- [15] [www.fbi.gov/about-us/cjis/.../iris-recognition.pdf](http://www.fbi.gov/about-us/cjis/.../iris-recognition.pdf) [activa el 02/06/2014]
- [16] <http://www.umanick.com/tecnologias-biometricas/> [activa el 02/06/2014]
- [17] <http://sistemascontrolesbiometricos.blogspot.com.es/> [activa el 03/06/2014]
- [18] [www.inteco.es/file/jItWr4RHZRAvHnwLMQaZTw](http://www.inteco.es/file/jItWr4RHZRAvHnwLMQaZTw) [activa el 03/06/2014]
- [19] <http://www.apple.com/es/ios/> [activa el 04/06/2014]
- [20] <http://www.android.com/> [activa el 04/06/2014]
- [21] <http://www.windowsphone.com/es-es/features> [activa el 07/06/2014]
- [22] <http://www.nfcon.es/> [activa el 07/06/2014]
- [23] <http://www.ocu.org/tecnologia/telefono/noticias/tecnologia-nfc> [activa el 08/06/2014]
- [24] [http://www.ceditec.etsit.upm.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=21670%3Aseguridad-y-biometria-en-el-movil&catid=40&Itemid=1371&lang=es](http://www.ceditec.etsit.upm.es/index.php?option=com_content&view=article&id=21670%3Aseguridad-y-biometria-en-el-movil&catid=40&Itemid=1371&lang=es) [activa el 10/06/2014]
- [25] ISO/IEC. 9241-14 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDT)s - Part 14 Menu dialogues, ISO/IEC 9241-14: 1998 (E), 1998
- [26] [http://www.nist.gov/customcf/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=51096](http://www.nist.gov/customcf/get_pdf.cfm?pub_id=51096) [activa el 12/06/2014]
- [27] [4] L. Coventry, G. I. Johnson, T. Mcewan, and C. Riley, "Biometrics in Practice: What Does HCI Have to Say?," in Proceedings of the 12th IFIP TC 13 International Conference on Human-Computer Interaction: Part II, Berlin, Heidelberg, 2009, pp. 920–921.
- [28] E. Kukula and S Elliott, "Implementing Ergonomic Principles in a Biometric System: A Look at the Human Biometric Sensor Interaction (HBSI)," in Carnahan Conferences Security Technology, Proceedings 2006 40th Annual IEEE International, 2006, pp. 86–91.
- [29] <http://icbrpurdue.org/the-hbsi-model/> [activa el 12/06/2014]
-

- [30] R. Wong, N. Poh, J. Kittler and D. Frohlich, Interactive Quality-Driven Feedback for Biometrics Systems, BTAS - The 4th IEEE International Conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems, Washington DC, pages 1-7, 2010
- [31] [http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12580/Tesis\\_Oscar\\_Miguel\\_Hurtado.pdf?sequence=1](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12580/Tesis_Oscar_Miguel_Hurtado.pdf?sequence=1) [activa el 13/06/2014]
- [32] <http://usuarios.discapnet.es/disweb2000/docu/LibroVerdeAccesibilidad.pdf> [activa el 15/06/2014]
- [33] [http://www.usabilityprofessionals.org/usability\\_resources/about\\_usability/what\\_is\\_ucd.html](http://www.usabilityprofessionals.org/usability_resources/about_usability/what_is_ucd.html) [activa el 18/06/2014]
- [34] <http://www.madrid.es/UnidadWeb/UGBBDD/EntidadesYOrganismos/AdministracionPublica/AyuntamientodeMadrid/JuntasMunicipalesdeDistrito/ficheros/moncloa%20aravaca.pdf> [activa el 18/06/2014]
- [35] <http://www.timegoesby.net/weblog/2013/02/elder-fingerprint-failure.html> [activa el 18/06/2014]
- [36] [ftp://ftp.loks.lv/SYRIS/UserGuideManual/Application/About%20FAR\\_FRR\\_EER.pdf](ftp://ftp.loks.lv/SYRIS/UserGuideManual/Application/About%20FAR_FRR_EER.pdf) [activa el 18/06/2014]

## Anexo A: Planificación y Presupuesto

A continuación se va a llevar a cabo un desglose de las tareas que se han realizado a lo largo de este trabajo fin de grado, lo que facilitará posteriormente un cálculo aproximado sobre su coste.

### A.1 Planificación

Debido a la complejidad de este trabajo se ha optado por dividirlo en distintas fases, las cuales se van a comentar a continuación:

#### **Fase 1: Documentación inicial**

- I. Estudio de la plataforma Android y del entorno de desarrollo (20 horas)
- II. Preparación de las herramientas de trabajo (5 horas)
- III. Búsqueda y realización de tutoriales y aplicaciones sencillas. (30 horas)

#### **Fase 2: Diseño de las interfaces**

- I. Actividad principal (20 horas)
- II. Pruebas y modificación (10 horas)

#### **Fase 3: Búsqueda de usuarios**

- I. Sesiones informativas (4 horas)
- II. Planificación de las visitas (6 horas)
- III. Confirmación de las citas (15 horas)

#### **Fase 4: Pruebas en un dispositivo real**

- I. Toma de datos (40 horas)
- II. Corrección y depuración (20 horas)
- III. Análisis de los datos (20 horas)

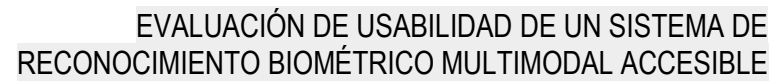
#### **Fase 5: Elaboración de la memoria**

- I. Redacción de la memoria (65 horas)
- II. Corrección y maquetación (15 horas)

Tabla 2 - Desglose de tareas

<b>FASES</b>	<b>HORAS EMPLEADAS</b>
Documentación inicial	55
Diseño de las interfaces	30
Búsqueda de usuarios	25
Pruebas en un dispositivo real	80
Elaboración de la memoria	80
<b>TOTAL</b>	<b>270</b>

En la Figura 25 se observa un diagrama de Gantt con las distintas tareas y el comienzo y fin de éstas.



## A.2 Presupuesto del Trabajo Fin de Grado

### A.2.1 Costes materiales

Los materiales necesarios han sido un ordenador, un sensor de huella dactilar, una cámara de grabación de imagen y audio y un dispositivo Android. Considerando un periodo de amortización de cada uno de los dos dispositivos de 3 años y teniendo en cuenta el tiempo del proyecto, los costes materiales quedan como se expone en la Tabla 2. En este apartado también han de incluirse en caso de que hayan sido necesarios gastos de licencias software: entornos de desarrollo, sistemas operativos, etc. Asimismo, en el caso de uso de equipamiento del laboratorio, también hay que poner el coste de amortización aplicado de ese equipamiento (por ejemplo, un osciloscopio, o un generador de funciones).

Tabla 3 – Costes Materiales

CONCEPTO	PRECIO (€)
Ordenador de altas prestaciones	100
Samsung GTN7100	16.66
Sensor de huella dactilar	6.34
Cámara	23.46
<b>TOTAL</b>	<b>146.46</b>

### A.2.2 Costes de personal

Para la realización de este trabajo, ha sido necesaria la presencia de un jefe de proyecto y un ingeniero.

Tabla 4 – Costes de Personal

OCUPACIÓN	HORAS	PRECIO/HORA	IMPORTE (€)
Jefe de proyecto	25	90	2250
Ingeniero	245	60	14700
<b>TOTAL</b>	<b>270</b>		<b>16950</b>



### A.2.3 Costes totales

Tabla 5 – Costes Totales

CONCEPTO	PRECIO (€)
Costes de materiales	146.46
Costes de personal	16950
Costes indirectos (20%)	3419.29
Subtotal	20515.75
IVA (21%)	4308.3
<b>TOTAL</b>	<b>24824.05</b>

El coste total del proyecto es de VEINTICUATRO OCHOCIENTOS VEINTICUATRO EUROS CON CINCO CÉNTIMOS.

Leganés, 22 de Junio de 2014

La ingeniera

## Anexo B: Escritos de solicitud de toma de datos

Madrid, 12 de Abril de 2014.

Estimada Dña. Rosario González.

Soy estudiante de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M).

Para la elaboración del Trabajo de Fin de Grado (TFG) de Ingeniería de Sistemas de Comunicación, en relación al estudio de accesibilidad y usabilidad en dispositivos móviles para personas mayores, necesito poder realizar una toma de datos a un total de 60 personas mayores, por ello me gustaría saber si sería posible realizarlo a los usuarios de los centros de mayores del distrito Moncloa-Aravaca. Junto con la toma de datos de huella y firma se realizará una grabación en video para poder analizar a posteriori la reacción de las personas a lo largo de la evaluación.

El TFG está siendo dirigido por el profesor del Departamento de Tecnología Electrónica de la UC3M y director del Grupo Universitario de Tecnologías de Identificación (GUTI).

El objetivo del TFG es simular entornos de firma manuscrita y huella dactilar en soporte digital para comprobar si éstos son sencillos, intuitivos y útiles para personas mayores; la finalidad es utilizar estos entornos para facilitar ciertos trámites tales como realizar compras, firmar contratos, gestión con la Administración Pública, etc...

Para llevar a cabo este análisis en primer lugar se realizará una sesión informativa para seleccionar las personas dispuestas a participar en el TFG cuyo perfil debe ser 30 personas mayores que tengan conocimiento de las tecnologías y 30 personas mayores que no las conozcan. Lo harán constar mediante la firma de un escrito de protección de datos. Posteriormente se llevarán a cabo 3 sesiones por persona en las cuales se recogerán las firmas y huellas. Por último se realizará un cuestionario de satisfacción. Para ello el proceso de recogida de datos comenzará la semana del 21 al 25 de abril de 2014 y finalizará la semana del 19 al 23 de mayo de 2014.

Una vez recogidos los datos se analizarán para observar la eficacia del dispositivo en función de la edad, el sexo, el nivel de estudios, el nivel de conocimiento de la tecnología, etc... Todas estas conclusiones serán incluidas en el TFG y presentadas ante un tribunal en la UC3M. Tras analizar los cuestionarios de satisfacción se realizará un informe incluyendo estos datos y las conclusiones para informar a los usuarios. Esta misma información se entregará al Departamento de Servicios Sociales para que tenga constancia de las conclusiones obtenidas.

Adjunto los documentos que se van a entregar a los usuarios para su conocimiento y autorización.

Sería de gran ayuda para la realización de mi proyecto poder contar con su colaboración y la de las personas mayores del distrito.

Atentamente.

Cristina Coloma Fernández.





EVALUACIÓN DE USABILIDAD DE UN SISTEMA DE  
RECONOCIMIENTO BIOMÉTRICO MULTIMODAL ACCESIBLE

DEPARTAMENTO DE SERVICIOS  
SOCIALES  
Plaza de la Moncloa, nº 1  
Tfn: \_ 91.588.69.74/75

**CRISTINA COLOMA FERNANDEZ**  
Comunidad Rioja, nº 127  
28230 LAS ROZAS (Madrid)

Madrid, 22 de Abril de 2014

En relación a tu solicitud sobre la realización de estudio digital en los Centros Municipales de Mayores del Distrito Moncloa-Aravaca, te informo que puedes ponerte en contacto con la Coordinadora de los Centros Municipales de Mayores quien te facilitará dicho trabajo en el Centro Municipal de Mayores "Infante Don Juan".

Un saludo,

JEFA DE DEPARTAMENTO DE  
SERVICIOS SOCIALES



Rosario González García

## Anexo C: Documentos de los usuarios

### C.1 Protección de datos

#### Evaluación de Usabilidad de Firma Manuscrita y Huella Dactilar sobre Dispositivos Móviles.

Está siendo invitado/a a tomar parte en un estudio de investigación que tiene como finalidad ayudarnos a entender mejor cómo interactúa el usuario con los sistemas de reconocimiento biométrico en dispositivos móviles. En concreto con la huella dactilar y la firma manuscrita. De esta forma, crearemos una base de datos que será utilizada para llevar a cabo el estudio de usabilidad en la Universidad Carlos III de Madrid. En cuanto a las firmas, **es importante que sean lo más semejantes posible a las que representaría en un papel.**

Antes de decidir participar en ésta evaluación, es importante que usted comprenda por qué se está llevando a cabo esta recogida de datos y lo que ello supone. Por favor, tómese su tiempo para leer la siguiente información y coméntelo con otras personas si lo necesita. No dude en preguntar a la persona que lleva a cabo la investigación si encuentra algo que no esté lo suficientemente claro o si necesita más información.

#### Propósito del estudio

Los dispositivos móviles están cobrando gran importancia en la actualidad, utilizándose en multitud de escenarios con diferentes propósitos. Del mismo modo, la firma manuscrita y la huella dactilar se utilizan cada vez más frecuentemente para hacer compras, firmar contratos, etc. Nuestra intención es simular entornos semejantes a los que el usuario se puede encontrar habitualmente, con el objetivo de comprobar si estos sistemas son sencillos, y si no lo son, mejorarlos. La firma manuscrita y la huella dactilar son modalidades de reconocimiento biométrico por las que es posible reconocer a las personas de forma unívoca a través de su firma o su huella dactilar. Con esta base de datos, aparte de medir la usabilidad, contribuimos a mejorar los sistemas de reconocimiento biométrico por firma manuscrita y por huella.

Los sistemas de reconocimiento biométrico sobre dispositivos móviles son cada día más comunes, sin embargo son muchas las ocasiones en las que su facilidad de uso se ve comprometida por varios factores (postura, espacio, etc.).

El estudio que queremos llevar a cabo trata sobre cómo los usuarios interactúan con el sistema, qué tipo de dificultades se encuentran y cómo evitarlas.

Nos gustaría que usted completase tres visitas que ocurrirían en diferentes días. En cada visita usted tendría que firmar en varias ocasiones en un dispositivo móvil con un stylus (puntero para utilizar el móvil) y colocar su dedo en un sensor. Habrá un operador disponible en casa de que ocurra algún problema y le ayudará en lo que necesite para completar el proceso.

Este estudio se compone de dos visitas separadas por unos días:

- Visita 1: Explicación, datos personales, proceso de entrenamiento, reclutamiento y verificación-1.
- Visita 2: Proceso de verificación-2.
- Visita 3: Proceso de verificación-3 y se rellenará un formulario de satisfacción.

El tiempo empleado en cada sesión depende de cada usuario, ya que puede haber tiempos de descanso cuando el usuario lo crea oportuno.



El sistema utilizado es totalmente seguro. No le ocurrirá ningún daño físico durante la evaluación.

**¿Qué pasará con las firmas que haga y las imágenes de las huellas?**

Toda la información que usted nos proporcione formará parte de una base de datos perteneciente al GUTI (Grupo Universitario de Tecnologías de Identificación), que es parte del Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad Carlos III de Madrid. Esta información sólo será utilizada por la Universidad Carlos III y será solamente para propósitos de investigación.

Las firmas obtenidas serán almacenadas con un número de usuario en vez de con su nombre. Únicamente el equipo de investigación que recoge los datos será capaz de relacionar sus firmas con sus datos personales y esta información será guardada de forma confidencial dentro del grupo de investigación.

**¿Qué pasará con los resultados de la evaluación?**

Los resultados de la evaluación serán documentados y presentados para publicar a la comunidad científica con el fin de mejorar el estado del arte. Sin embargo, ningún participante será identificado individualmente y ninguna muestra será publicada sin un permiso previo.

En cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de Diciembre, de Protección de Datos de carácter personal (LOPD) se le informa que los datos recogidos a través de este formulario, serán incluidos en un fichero de datos de carácter personal titularidad de la Universidad Carlos III de Madrid. Sus datos estarán protegidos de acuerdo con la Legislación vigente, serán tratados de forma confidencial y con la máxima privacidad, con la finalidad para la que fueron suministrados y para poder mantenerle periódicamente informado de nuestras actividades y servicios. Podrá ejercer su derecho de acceso, rectificación, cancelación u oposición al tratamiento, enviando un escrito al efecto, acompañado de una fotocopia de su D.N.I. a la siguiente dirección: Calle de Madrid, 126, 28903 Getafe, Madrid.

Yo \_\_\_\_\_, acepto tomar parte en la Evaluación de Usabilidad de Firma Manuscrita y Huella Dactilar sobre Dispositivos Móviles.

Edu:

## C.2 Satisfacción

### Formulario de satisfacción Investigación de usabilidad

Con este formulario pretendemos obtener datos estadísticos que nos ayuden a comprender mejor las preferencias de los usuarios para perfeccionar nuestros sistemas y obtener conclusiones sobre la evaluación. Toda la información que recopilamos será anónima. Por favor, rellénelo con calma. No tardará más de 5 minutos en completarlo. Muchas gracias.

1. ¿Es usted...?

Hombre ☐  
Mujer ☐

2. ¿Qué edad tiene?

18-30 ☐  
31-50 ☐  
51-70 ☐  
71-80 ☒  
+80 ☐

4. ¿Cuál es su grado de estudios?

Sin estudios ☐  
Graduado escolar ☐  
Bachillerato ☐  
Universitarios ☐

5. ¿Tiene algún problema en las manos/brazos?

Si ☐  
No ☐

6. ¿Es usted...?

Zurdo ☐  
Diestro ☐

7. ¿Está familiarizado/a con la tecnología?

Si ☐  
No ☐

8. En caso afirmativo indique con qué tipo de dispositivos está más familiarizado/a

Ordenadores ☐  
Cámaras ☐  
Biométricos ☐  
Móviles ☐

9. ¿Ha tenido alguna experiencia previa con dispositivos biométricos o tabletas digitales?

Si ☐  
No ☐

10. En caso afirmativo, indique cuál

---

---

11. ¿Cómo valora la experiencia de ésta evaluación? ¿Ha firmado de forma cómoda? ¿Le ha llevado demasiado tiempo? ¿Ha sido como usted esperaba?

---

---



13. Puntúe los diferentes aspectos:

	Muy Insatisfactorio	Insatisfactorio	Normal	Satisfactorio	Muy Satisfactorio
Comodidad					
Tiempo empleado					
Facilidad de interacción					
Nivel de intrusión (privacidad)					
Experiencia global					

14. ¿Considera suficientes las instrucciones recibidas?

Sí ☐  
No ☐

15. ¿Utilizará si tiene oportunidad aplicaciones de firma en dispositivos móviles?

Sí ☐  
No ☐

16. Explique si ha tenido alguna dificultad para completar la evaluación

---

---

---

---

18. ¿Considera que ha adquirido la habilidad suficiente como para utilizar correctamente el sistema?

Sí ☐  
No ☐  
Regular ☐